الحـــالـــــــة الصلـبـة The solid state

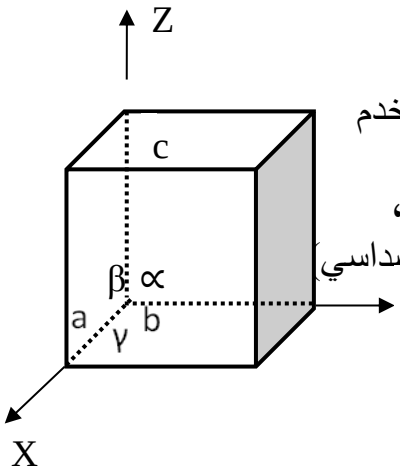
تكون المواد الصلبة في بعض النواحي أبسط من المواد الغازية

1. فحجم وشكل الجسم الصلب أقل اعتماداً على الظروف الخارجية من الضغط ودرجة الحرارة عما هوعليه بالنسبة للغازت.
2. تتكون الحالة الصلبة من جزيئات مرتبة في مواقع ثابتة، بينما تتميز الحالة الغازية بلا نظام حيث أن الجزيئات تكون في حركة مستمرة.

خواص المواد الصلبة

1. غير قابلة للانضغاط، ولا تتمدد كثيراً بالحرارة وذلك بسبب وجود قوى تجاذب قوية بين الذرات أو الجزيئات المتقاربة. ولكن أيضاً يوجد قوة تنافر قوية تمنع السحابات إلالكترونية للذرات من اختراق بعضها البعض.
2. معدلات الانتشار: يمكن لأي غاز أن ينتشر خلال آخر في زمن قصير، في حين أن كثيراً من المواد الصلبة ينتشر ببطء لدرجة تحدث تغيرات جوهرية ضئيلة فقط.
3. لها بلورات ذات أشكال هندسية محددة ومميزة للمادة عن الأخرى.

التركيب البللورى لمادة صلبة



توجد المادة الصلبة غالبا على شكل بللورات وتستخدم خاصية التماثل البللورى لتصنيف هذه البللورات (التماثل المكعبي، التماثل الرباعي، التماثل المعيني، التماثل المنشوري، التماثل ثلاثي الميل، التماثل السداسي) أكثرها تماثلا هو النظام المكعبى وفيه تكون المحاور الأساسية للشبكة متساوية ومتعامدة كما هو موضح بالشكل، أى أن :a= b=c

و $\alpha = \beta = \gamma = 90^{o}$.

أما اقل النظم تماثلا فهو النظام ثلاثى الميل وفيه:

$a = b = c$ و $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^{o}$.

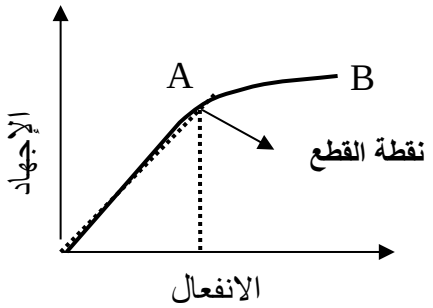
اولا: المرونـــــــة

يوصف جسم ما بأنه جسم مرن أذا تغير حجمه أو شكله نتيجة لفعل قوة مؤثرة ثم رجع بعد ذلك إلى شكله الأصلى بعد زوال تأثير تلك القوة.

فاذا اثرت قوة خارجية على جسم ثابت فانها تحدث تغيرا فى شكل او حجم الجسم او كلاهما نتيجة تحرك اجزائه بالنسبة لبعضها البعض، فاذا استعاد الجسم شكله او حجمه الاصلى بعد زوال القوة المؤثرة فان هذا الجسم يكون تام المرونة، اما اذا لم يستعيد الجسم شكله او حجمه كلية وبقى على حالته بعد زوال القوة فانه يكون عديم المرونة.

ويطلق على مقدار القوة التى تؤثر على وحدة المساحات من الجسم اسم الإجهاد ووحداته هى الداين/سم^2 آو النيوتن/م^2. بينما يسمى مقدار التغير النسبى فى حجم الجسم أو شكله نتيجة قوة الإجهاد بالانفعال.

قانون هوك



يختص قانون هوك بالحالات التى يكون فيها التغير فى أبعاد الجسم على شكل تغير فى الطول، وينص على أن الاستطالة تتناسب مع القوة المسببة بشرط الا تخرج القوة المؤثرة الجسم عن نطاق مرونته، أى أن: $F = K X$

ويسمى ثابت التناسب K بثابت الصلابة ويعرف بأنه القوة التى تسبب وحدة استطالة ووحدات قياسه داين/سم او نيوتن/م.

ويمكن التعبير عن قانون هوك بان الانفعال الحادث فى الجسم يتناسب طرديا مع الاجهاد المسبب له اى ان:

الاجهاد/الانفعال = ثابت

ويسمى هذا الثابت بمعامل المرونة ووحداته داين/سم^2 او نيوتن/م^2.

وإذا درسنا العلاقة بين الإجهاد والانفعال بسلك من المعدن فأنها تكون كما هو موضح بالشكل السابق، حيث نلاحظ انه مع زيادة الأوزان يزيد الانفعال ويتحقق التناسب بينهما حسب قانون هوك حتى النقطة A، التى بعدها تحيد العلاقة عن الخط المستقيم. وإذا استمرت زيادة قوة الشد على السلك فأننا سنصل إلى النقطة B التى لا يستطيع السلك عندها الاحتفاظ بالثقل. وتسمى النقطة A بنهاية المرونة، والنقطة B بنقطة الاستسلام. كما يلاحظ انه أذا زيدت حمولة السلك حتى ما بعد النقطة A ثم أزيلت الحمولة عن السلك فان طول السلك تحدث له استطالة مستديمة.

وهناك ثلاث انواع من الاجهاد هى:

1- **اجهاد طولى Tensile stress**: ينتج عنه زيادة فى الطول نتيجة تأثير القوى المؤثرة على الجسم، كما يحدث عند شد سلك مرن.

2- **اجهاد ضاغط Compressive stress**: ينتج عنه تغير فى حجم الجسم حيث تؤدى القوة المؤثرة الى تقريب جزيئات الجسم لبعضها البعض.

3- **اجهاد قص Shearing stress**: وينتج عنه تغير فى الشكل الهندسى للجسم.

كما ان هناك ثلاثة انواع من الانفعال:

1- **انفعال طولى Longitudinal strain**: حيث اذا اثرنا على سلك مرن طوله L مثبت من احد طرفيه بقوة شد فان طول السلك يزداد بمقدار ΔL ويكون الانفعال الطولى=$\Delta L/L$.

2- **انفعال حجمى Volume strain**: عند الضغط على جسم حجمه V من جميع الاتجاهات بقوة فأن حجمه ينقص بمقدار ΔV ويكون الانفعال الحجمى = $\Delta V/V$.

3- **الانفعال الشكلى Shear strain**: اذا أثرنا على السطح العلوى لجسم على شكل مستطيل بقوة فى اتجاه المماس لهذا السطح مع ثبات السطح السفلى له، سبب ذلك

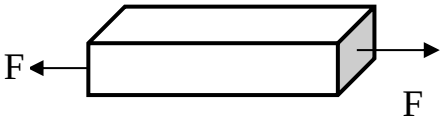
تغيرا فى شكل الجسم يسمى بالانفعال الشكلى ويقاس بقيمة الزاوية θ التى تقاس بالتقدير الدائرى.

معاملات المرونـــــة

بتعميم قانون هوك بالنسبة إلى أى جسم مرن لم يصل بعد لنقطة نهاية المرونة تظل النسبة بين الإجهاد والانفعال ثابتة وتسمى معامل المرونة.

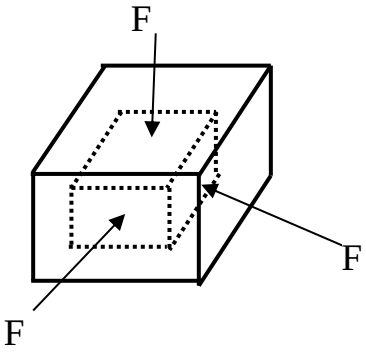
وتوجد ثلاث أنواع لمعاملات المرونة هى:

1. أذا كانت قوة الشد F تؤثر على سلك أو قضيب طوله L ومساحة مقطعة A فان الإجهاد فى هذه الحالة يسمى إجهاد طولى ويساوى F/A والانفعال يسمى انفعال طولى ويساوى ΔL/L وتسمى النسبة بينها بمعامل يونج Y (Young's coefficient) أى أن:



$$Y = \frac{F/A}{\Delta L/L}$$

حيث أن Δ L مقدار الاستطالة فى طول السلك.

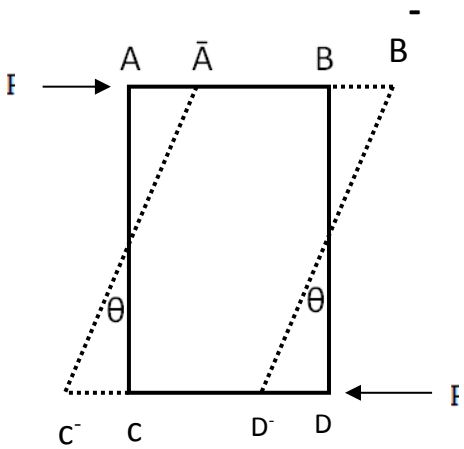


2. أذا تسببت القوة F المؤثرة على الجسم فى تغيير حجمه بمقدار ΔV فان معامل المرونة فى هذه الحالة يسمى **معامل المرونة الحجمى** B ويساوى:

$$B = \frac{F/A}{-\Delta V/V}$$

ومعامل المرونة الحجمى يمكن أن يميز أيضا السوائل والغازات بالإضافة إلى الأجسام الصلبة.

3. أحيانا تكون صورة التغير فى شكل الجسم كما هو موضح بالرسم. ويتم هذا التغير نتيجة التأثير بازدواج على وجهين متقابلين فتنشأ الزاوية θ التى تعرف بزاوية القص ويعرف الإجهاد القاص بأنه مقدار القوة التى تؤثر على وحدة المساحات من سطح الجسم فتحدث انفعالا قاصا قدرة ظا θ. وإذا كانت الزاوية θ صغيرة فان الانفعال القاص يكون مساويا للزاوية θ بالتقدير الدائرى.
وتسمى النسبة بين الإجهاد القاص والانفعال القاص **بمعامل القص أو معامل الصلابة N**

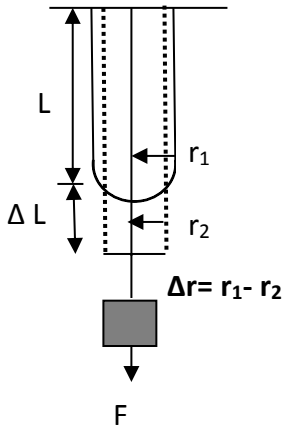


حيث:

$$N = \frac{F/A}{\theta}$$

ويلاحظ فى جميع حالات المرونة الثلاث أن الانفعال نسبة لا وحدة لها حيث انه عبارة عن النسبة بين التغير الحادث فى طول او حجم الجسم منسوبا الى طوله او حجمة الاصلى, وعليه تكون **وحدات معاملات المرونة هى دائما وحدات الإجهاد التى يعبر عنها بالداين/سم^2 أو النيوتن/م^2.**

نسبة بواسون

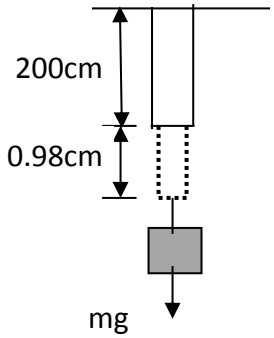


نلاحظ أن الانفعال الطولى $\frac{\Delta L}{L}$ الناتج من تأثير القوة F على سلك مساحة مقطعة A يكون مصحوبا فى نفس الوقت بانفعال عرضى ناتج عن نقص مساحة مقطع السلك ويساوى $\frac{\Delta r}{r}$، حيث ان r نصف القطر وتسمى النسبة بين الانفعال العرضى والانفعال الطولى بنسبة بواسون:

$$S = \frac{\Delta r / r}{\Delta L / L}$$

وكما هو واضح فان هذه النسبة لا وحدة لها. وهى هامة فى الصناعة حيث تبين مدي نقاوة المادة المستخدمة.

مثال (1): اوجد الثقل اللازم تثبيته فى طرف سلك من الصلب طوله 200 سم وقطرة 2 ملليمتر ليحدث استطالة قدرها 9.8 ملليمتر بفرض أن معامل يونج يساوى 2×10^{12} داين للسنتيمتر المربع.



الحل: نفرض أن الثقل اللازم مقداره m جراما فتكون القوة المؤثرة هى m g حيث g عجلة الجاذبية الأرضية تساوى 980 سم/ ث^2.
ويكون معامل يونج Y هو:

$$Y = \frac{F / A}{\Delta L / L} = \frac{m g \times L}{A \times \Delta L}$$

$$\therefore m = Y \times A \times \Delta L / g \times L = 2 \times 10^{12} \times 3.14 \times 10^{2} \times 0.98 / 980 \times 200$$

$$= 3.14 \times 10^{5} \text{ gm} = 314 \text{ kg}$$

مثال (2): فى المثال السابق احسب ثابت الصلابة لمادة السلك؟

الحل: قانون هوك نص على أن قوة الشد تتناسب مع الاستطالة، وباستخدام معادلة معامل يونج نجد أن:

$$F = \frac{Y A}{L} \Delta L = K \Delta L$$

حيث ثابت الصلابة K يساوى $\frac{YA}{L}$ أى أن:

$$K = = \frac{(2 \times 10^{12} \text{ dyne/cm}^2) \times (3.14 \times 10^{-2} \text{ cm}^2) \times 0.98 \text{ cm}}{200 \text{ cm}}$$

$$= 3.14 \times 10^{8} \text{ dyne/cm}$$

كما يمكن تعيين ثابت الصلابة باستخدام قانون هوك مباشرة حيث: $F = K X$

$$k = \frac{F}{X} = \frac{m g}{X} = \frac{3.14 \times 10^{5} \times 980 \text{ gm. cm/c}^{-2}}{0.98 \text{ cm}} \quad 3.14 \quad 314 \times 10^{8} \text{ dyne/cm}$$

تطبيقات على خواص المرونة

1- السحب القصرى للاسلاك النحاسية

الاسلاك النحاسية اذا سخنت لدرجة الانصهار ثم بردت تبريدا بطيئا فانها تصبح لينه وتكون من نوع العجائن. غير ان هذه الاسلاك اذا اثرنا عليها باجهاد يتعدى نقطة الاستسلام فانها تستعيد مرونتها ثانية ويصبح معامل مرونتها اعلى بكثيرمن الحالة الاولى. ويمكن تحقيق ذلك بان نضغط الاسلاك النحاسية اللينه ثم تسحب بقوة خلال ثقوب ذات اقطار اضيق من اقطار الاسلاك الاصلية وبذلك تكتسب اسلاك النحاس مرونة اكبر ومتانة اشد ويسمى السلك النحاسى الذى يعامل بهذه الطريقة انه مقسى عن طريق السحب القصرى.

2- تأثير اضافة الشوائب على المادة المرنة

يختلف تأثير اضافة الشوائب على المواد المرنة فبعضها يزيد من مرونة المواد وبعضها يقللها. فمثلا عند اضافة البوتاسيوم الى معدن الذهب يصبح مادة لينه كالعجائن وهذا يرجع الى ان البوتاسيوم يساعد على انزلاق بللورات الذهب بعضها بالنسبة لبعض فى اتجاه مستوى التشقق. والعكس عند اضافة قليل من الكربون الى معدن الحديد فانه يصبح اكثر صلابة حيث يمنع الكربون انزلاق بللورات الحديد بالنسبة لبعضها فى اتجاه مستوى التشقق الخاص بها.

الحـــــرارة Heat

درجة الحرارة Temperature

هي المقدار الذي يدل على سخونة الجسم أو برودته مقاساً على أي مقياس اختياري لدرجات الحرارة.
والحرارة تنتقل دائما من الجسم الساخن إلى الجسم البارد، فالجسم الساخن يفقد حرارة والجسم البارد يكتسب حرارة مقارنة مع الأجسام المجاورة لكل منهما. وللحرارة أهمية كبيرة في حياتنا اليومية فهي تؤثر في الحالة الجوية اليومية، كما وأنها تساعدنا في إنجاز الكثير من الأعمال.

ومصادر الحرارة متعددة، منها الشمس وتعد المصدر الرئيسي للحرارة على الأرض، ومنها أيضا الاحتكاك، وإشعال الوقود، والوقود هو مادة قابلة للاحتراق تطلق حرارة وغالباً تطلق ضوءً عند احتراقها، والكهرباء تعطينا الحرارة أيضاً.

قياس درجة الحـــرارة

لعمل ترمومتر (مقياس لدرجات الحرارة) يجب مراعاة ما يلي:

1 – اختيار مادة ترمومترية تتغير خواصها الفيزيائية بتغير درجات الحرارة مثل تمدد المواد الصلبة او السوائل أو الغازات، أو تغير مقاومة سلك من البلاتين أو غير ذلك.

2 – يلزم اختيار درجتي حرارة ثابتتين معروفتين وتؤخذ غالباً درجتا حرارة انصهار الجليد (نقطة سفلى) وغليان الماء (نقطة عليا) في الضغط الجوي العادي (76 سم زئبق *76 cm Hg*).

3 – تقسّم المسافة بين هاتين الدرجتين إلى عدد من الأقسام المتساوية تسمى كل قسم منها درجة، وتسمى الفترة بالدرجات بين النقطتين الثابتتين بالفترة الأساسية.

وتستخدم خاصية التمدد الحراري للأجسام الصلبة والسوائل والغازات فى صنع العديد من الترمومترات التى تستخدم فى قياس درجة الحرارة. **وأكثر هذه الترمومترات شيوعا هى:**

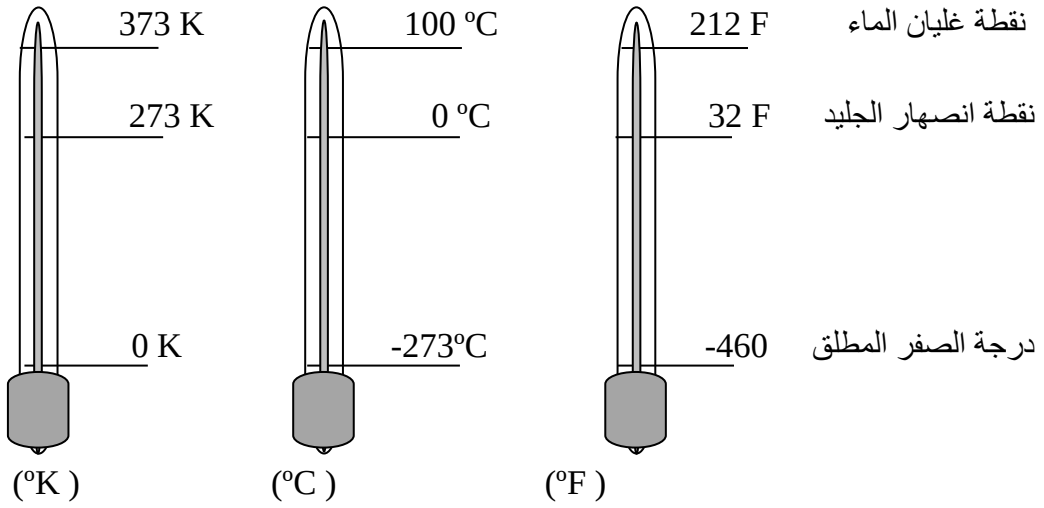
أ- الترمومترات الزئبقية واهم أنواعها:

1- الترمومتر المئوى

وهو عبارة عن أنبوبة شعرية تنتهي بمستودع يملا بالزئبق بطريقة التسخين والتبريد المتعاقبين بعد طرد الهواء ثم يلحم الطرف الأخر للأنبوبة الشعرية وبعد تعيين النقطتين الثابتتين على الترمومتر (نقطة انصهار الجليد عند الصفر°م ونقطة غليان الماء عند 100°م) تقسم المسافة بينهما إلى 100 قسم متساوي ويسمى كل قسم درجة حرارة واحد مئوية.

2- الترمومتر الفهرنهيتى

وهو مثل الترمومتر المئوى ولكن اعتبرت نقطة انصهار الجليد 32° ف ونقطة غليان الماء 212 °ف.



3- الترمومتر المطلق

اعتبرت نقطة انصهار الجليد 273° كلفن ونقطة غليان الماء 373° كلفن.

ويمكن مقارنة مقاييس الترمومترات بالنسبة إلى بعضها، حيث يلاحظ إن درجة الحرارة المطلقة عند الصفر تزيد عن المقياس المئوى بمقدار 273 وعن المقياس الفهرنهيتى بمقدار 460 كما يلاحظ أن كل 100 قسم على الترمومتر المئوى تقابل 180 قسم على التدريج الفهرنهيتى وتكون العلاقة بينهما كما يلى:

$$\frac{\theta}{100} = \frac{\propto -32}{180} = \frac{K - 273}{100}$$

مثال: كم يسجل الترمومتر الفهرنهيتى لدرجة حرارة الغرفة إذا كان الترمومتر المئوى يسجل25° م.

الحل: بالتعويض في العلاقة بين التدريجيين المئوى والفهرنهيتى نجد أن:

$$\propto = \frac{25 \times 180}{100} + 32 = 77\ ^{\circ}F$$

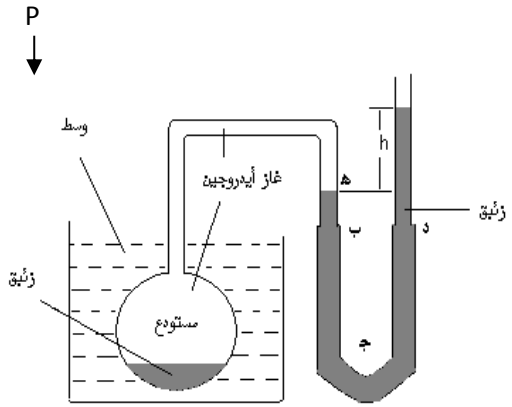
ب ـ الترمومتر الكحولي

يمكن اســتخدامه لقياس درجات حرارة منخفضــة إلى-110^0C , ويمتاز الكحول في كون معامل تمدده أكبر من معامل تمدد الزئبق ولذلك فهو أكثر حســاســية ويقلل من تأثير عدم انتظام مقطع الأنبوبة الترمومترية. ويســتخدم الكحول كمادة ترمومترية عوضــا عن الزئبق لقياس درجات الحرارة المنخفضــة وذلك لأن الكحول يظل في الحالة السائلة ما بين درجتي -110^0C , 78^0C بينما يتجمد الزئبق عند -38.8^0م.

ج ـ الترمومتر الغازي

يوجد من الترمومتر الغازي نوعين:

1- نوع يحفظ فيه ضغط الغاز ثابتا ويعتبر التغير في حجمه مقياسا لدرجة الحرارة.



تركيب الترمومتر الغازي ذ ي الحجم الثابت

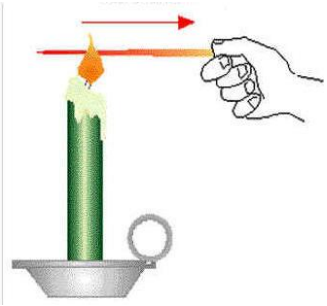
2- النوع الآخر وهو النوع المعتاد وفيه يحفظ حجم الغاز ثابتا بينما يتغير ضــغطه تبعا لتغير درجة الحرارة، ويسمى ترمومتر الحجم الثابت.

تركيب الترمومتر الغازي ذي الحجم الثابت

هذا النوع من الترمومترات يتركب كما في الشــكل من مســتودع متصــل بأنبوبة زجاجية ب عن طريق أنبوبة ملتوية من الزجاج، وتتصــل الأنبوبتان ب، د بواســطة أنبوبة من المطاط جـ، ويوضــع في قاع المســتودع أ مقدارا من الزئبق حجمه يســاوي 7/1 حجم المستودع، ويُملأ الجزء الباقي من الأنبوبة والمستودع حتى سطح الزئبق في الأنبوبة ب بغاز الأيدروجين الجاف.

انتقال الحرارة

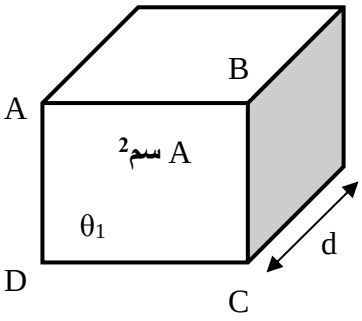
تنتقل الحرارة بأســاليب عديدة خلال الأوســاط تتوقف هذه الأســاليب على طبيعة الوسط الذى تنتقل خلاله الحرارة, ففى حالة الأجسام الصلبة تنتقل الحرارة من الجزء الســاخن من الجســم إلى الأجزاء الأخرى الأقل حرارة بطريقة التوصــيل. وفى حالة السوائل والغازات تنتقل الحرارة بالحمل أما فى حالة الفراغ فتنتقل الحرارة بالإشعاع (وكذا فى الغازات) وقد تنتقل الحرارة بكل من هذه الأنواع الثلاث فى الغازات إلا أن معدل انتقال الحرارة بالتوصيل ضئيل جدا فى حالة الغازات.



1. التوصيل Conduction

إذا سخن طرف قضيب من الحديد مثلا فان الحرارة تنتقل إلى الطرف الأخر بطريق التوصيل وفى هذه الحالة لا تنتقل الأجزاء الساخنة من مكانها وإنما تعطى جزيئات الأجزاء الساخنة بعض من طاقتها إلى الجزيئات الأقل نشاطا المجاورة لها فى الأجزاء الباردة وبهذه الطريقة تنتشر الحرارة لتتوزع خلال الجسم.

ويمكن تشبيه انتقال الحرارة خلال قضيب من المعدن بحالة انتقال الماء خلال أنبوبة فكلما طال القضيب أو قل سمكة كلما صعب الانتقال. وتنقسم المواد من حيث درجة توصيلها للحرارة إلى مواد جيدة التوصيل كالمعادن ومواد عازلة كالزجاج والخشب والهواء.



وألان إذا اعتبرنا شريحة من معدن موصل سمكها d ومساحة سطحها A سم^2 فإذا وضعنا الوجه ABCD في درجة الحرارة θ_1 فان الوجه المقابل ستكون درجة حرارته أكثر انخفاضا ويعرف المقدار $\frac{\theta_1 - \theta_2}{d}$ بالميل الحراري وهو عبارة عن النقص في درجة الحرارة في مسافة واحد سنتيمتر من السمك ووحداته درجة مئوية لكل سنتيمتر فإذا رمزنا لمعدل سريان الحرارة خلال المعدن بالرمز H فان:

$$H \propto A \times \frac{\theta_1 - \theta_2}{d}$$

$$\therefore H = K A \frac{\theta_1 - \theta_2}{d}$$

حيث يسمى ثابت التناسب K **بمعامل التوصيل الحراري** للمادة

ويعرف بأنة كمية الحرارة التي تمر في الثانية بين وجهين متقابلين من أوجه واحد سنتيمتر مكعب من المادة عندما يكون الفرق بين درجتي حرارة الوجهين درجة واحدة مئوية. ووحدات معامل التوصيل الحراري هي سعر لكل سم لكل ثانية لكل درجة مئوية (سعر/سم/ ث /°م).

مثال: إذا كانت درجه الحرارة داخل الغرفة 18°م وخارجها -3°م. احسب معدل فقدان الحرارة خلال زجاج نافذة مساحتة متر مربع وسمكة نصف سنتيمتر (معامل التوصيل الحراري للزجاج = 2×10^{-3} سعر/سم.ث.°م).

الحل: مساحة الزجاج

$$A = 10^4 \text{ cm}$$

الميل الحراري

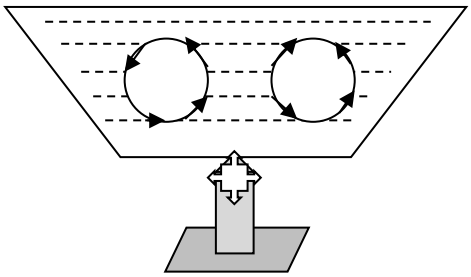
$$R = \frac{\theta_1 - \theta_2}{d} = \frac{18+3}{0.5} = \frac{21}{0.5} \text{ cm/m}$$

معدل فقدان الحرارة

$$K_{AR} = \frac{21}{} \times 10^4 \times 10^{-3} \times 2 = 840 \text{ cal.}$$

2- الحمل Convection

تيارات الحمل هى طريقة من طرق انتقال الحرارة حيث تنتقل الحرارة فيه بحركة كتلة من الجزيئات من مكان لأخر كما فى الرسم.



رسم يوضح تيارات الحمل فى إناء يحتوى على ماء يغلى على موقد

اى انه فى حالة السوائل (أو الغازات), فإذا سخن كمية من سائل فى إناء أسفله موقد, فإننا نلاحظ إن جزيئات السائل الملامسة لقاع الإناء ترتفع درجة حرارتها وتتمدد فتقل كثافتها ولذا ترتفع إلى السطح العلوي للسائل ويحل محلها جزيئات باردة وهكذا. اى انه يمكن القول إن الحمل هو انتقال جزيئات المادة الساخنة والتى تنتقل معها حرارتها لتحل محلها جزيئات باردة من المادة اكبر فى الكثافة منها.

3- الإشعاع Radiation

يلاحظ انه فى حالة دفء الأرض من الشمس فانه لا يمكن تفسير هذه الظاهره عن طريق تيارات الحمل وذلك لأن الفضاء هو عبارة عن فراغ كبير وكذلك لا يمكن تفسيره عن طريق التوصيل وذلك لأنه ليس هنالك تلامس بين الأرض والشمس ولذلك فإننا نحصل على الحرارة من الشمس أو من أى جسم ساخن عن طريق أخر يسمى الإشعاع Radiation. حيث إن الإشعاع هو عملية نقل الطاقة خلال الفراغ ولا يعتمد على الوسط ونقل الطاقة فى هذه تتم عن طريق الموجات الكهرومغناطيسية Electromagnetic وسيتم إيضاحه أكثر فى باب الضوء.

وفى الإشعاع نجد إن الأجسام تمتص موجة كهرومغناطيسية ثم تتحول إلى طاقة حرارية وهناك أجسام تعكس الحرارة وأخرى تمتص الحرارة ولذا نجد إن الأجسام اللامعة والسطوح أيضا اللامعة المصقولة تعكس الحرارة بينما السطوح والأجسام الداكنة السوداء تمتص الحرارة. ومن الملاحظ إن جميع الأجسام تشع طاقة (اى تشع حرارة) ولكن قد يتساءل البعض لماذا لا تقل درجة حرارة الأجسام بالرغم من إنها تشع حرارة وللإجابة على ذلك نقول إن الأجسام التى تشع حرارة بدرجة كبيرة فإنها فى نفس الوقت تمتص حرارة بدرجة كبيرة ولهذا يوجد دائما توازن فى حرارة الأجسام ولكن هذا التوازن قد لا يوجد فى بعض الأوقات فمثلا بالليل عندما لا يوجد إشعاع شمس فان الحشائش فى الأرض على سبيل المثال لا تحصل على دفء مناسب فى الليل وينطلق منها إشعاع حيث تكون ابرد من الهواء الجوى.

وكل الأجســـام الســـاخنة تشـــع طاقة حرارية يتوقف مقدارها على عدة عوامل من بينها:

1. درجة حرارة الجسم المشع.
2. نوع السطح المشع من حيث الخشونة أو النعومة.
3. لون السطح المشع ابيض أم اسود.

وقد وجد أن الجسم الأسود الخشن أحسن الأجسام التى تشع (والتى تمتص أشعاعا حراريا) وعلى العكس من ذلك الجسم الأبيض المصقول.

وأحســن مثال للأجســام التى تمتص وتبعث حرارة فى نفس الوقت هى الأجســام السـوداء (Black body). ويخضـع الإشـعاع الكلى فى نظام به امتصـاص وانبعاث للحرارة للمعادلة الآتية:-

ن $$\frac{dQ}{dt} \text{ or } R = \varepsilon \sigma (T^4 - T_0^4) A$$

حيث أن:

$\frac{dQ}{dt}$ or R = الإشعاع الكلى للنظام

σ = ثابت استيفان بولتزمان = 5.7×10^{-8}

ε = الانبعاثيه (قدرة الجسم على الإشعاع) Emissivity وهو معامل يتوقف على إذا ما كان الجسم لامع مصقول أم اسود وله قيمة من صفر إلى 1 حيث تكون صفر فى حالة الجسم اللامع الأبيض المصقول وواحد إذا كان أسود داكنا

T = درجة حرارة النظام (بالكلفن)(

T_0 = درجة حرارة الوسط أو البيئة (بالكلفن)

A = مساحة المقطع

مثال: جسم انسانى يمتص وينبعث منه الإشعاع فإذا كانت الانبعاثية (ε) تساوى 0.97 اوجد كثافة الإشعاع (R) للجسم الانسانى إذا كان له درجة حرارة 37 ^{0}م فى حجرة لها درجة حرارة 20 ^{0}م وثابت استيفان بولتزمان (σ) يساوى 5.7×10^{-8}

.

الحل:

$$R = \varepsilon \sigma (T^4 - T_0^4) A$$

$$= 0.97 \times (5.7 \times 10^{-8}) ((310)^4 - (293)^4) \times 1.5$$

$$= 153 \text{ w}$$

تطبيقات على انتقال الحرارة فى الظروف الحيوية

1. المواد الجيدة التوصيل الحراري التى لها معامل توصيل حراري K كبير تعتبر مواد موصـــلة للحرارة وذلك يراعى عند اســـتخدام بعض المعادن فى الطبيعة وكذلك عند فرش الأرضـيات يراعى إن الأرضـية التى يوضـع عليها الفلين أحسـن فى الظروف الحارة عن الأرض التى يفرش عليها السجاد وذلك لأن الفلين موصل ردئ للحرارة.

2. لبس الملابس الفاتحة اللون فى الصيف والغامقة فى الشتاء نظرا لأن الملابس الغامقة تمتص الحرارة وتحفظها مما يساعد على دفء الجسم.

3. تيار الخليج الدافئ والبارد هو أحســـن مثل لانتقال الحرارة عن طريق تيارات الحمل التى تحدث فى الطبيعة.

4. زيادة درجة الحرارة فى أجســـام الكائنات الحية هو ناتج لعملية Metabolism (التمثيل الحيوي للطاقة) ولذا فان الحيوانات ذوات الدم البارد لها درجة حرارة لأجسامها تساوى درجة حرارة الوسط المحيط بها (مثل الحشرات والزواحف وبعض الحيوانات الأخرى). أما الطيور والثدييات فان أجســـامها لها درجة ثابتة وهى 37^0م بغض النظرعن الظروف المحيطة بها. الحرارة تفقد من الحيوانات الدافئة بواســـطة التوصيل بالحمل والإشعاع بالإضافة إلى التبخير والتنفس.

الديناميكا الحرارية Thermodynamics

أذا سخن جسم صلب فان ذراته تتذبذب بسرعة كبيرة وتكتسب مقدارا من طاقة الحركة ومنشـأ هذه الطاقة هو التسـخين ولذا فأن الحرارة صـورة من صـور الطاقة. وليست الطاقة الحركية الناشئة عن الحرارة مقصورة على جزيئات الجسم الصلب أنما أيضـا تكتسـب جزيئات السـوائل والغازات مقدارا من طاقة الحركة عند تسـخينها والفرع الذى يبحث فى دراســة تحويل الطاقة الحرارية إلى طاقة ميكانيكية أو العكس تعرف بالديناميكا الحرارية. وأمثلة الديناميكا الحرارية كثيرة منها حركة بندول الســـاعة هى عملية ميكانيكية بحتة ولكن يتولد عنها حرارة – عند جرى الإنســـان لمســـافات طويلة أو صـــعوده أعلى جبل فان عضـــلات الجســـم تنتج طاقة حرارية بالإضـــافة إلى طاقتها الميكانيكية. وهناك بعض قوانين فى الديناميكا الحرارية يجب الإشارة إليها وهى تطبيقات عديدة فى الحالات الحيوية ومنها:-

1. القانون الأول للديناميكا الحرارية The First low of Thermodynamics

القانون الأول للديناميكا الحرارية يعبر عن حالة قانون حفظ الطاقة " عندما يعطى جســـم أو غاز حرارة ما فان جزءاً من هذه الحرارة يســـتخدم فى رفع درجة حرارة الغاز نفســـه وتســـمى هذه الطاقة الداخلية كما إن الجزء الأخر من هذه الطاقة الحرارية يستخدم فى تمدد الغاز اى فى بذل شغل خارجي.

ويمكن التعبير رياضيا عن ذلك كما يلى :-

$$Q = dU + w$$

حيث إن: Q = كمية الحرارة التى تضاف إلى النظام.

dU = التغير فى الطاقة الداخلية للغاز (أو النظام).

W = مقدار الشغل الذى يبذله الغاز (النظام).

اى إن: الحرارة المعطاة = التغير فى الطاقة الداخلية + الشغل الخارجي.

2. القانون الثاني للديناميكا الحرارية The Second low of Thermodynamics

يعبر عن انه لا يمكن اخذ كمية من الحرارة من جسم بارد لجسم ساخن دون بذل شغل ميكانيكي. اى انه فى القانون الثاني عند تحويل طاقة حرارية إلى كمية شغل أو العكس لا يمكن التحويل كلية بدون أية تغيرات فى النظام اى انه يحدد كمية الطاقة المستخدمة. ويعبر عن القانون الثاني رياضيا كما يلى :-

$$Efficiency = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1} \rightarrow \%$$

وذلك معناه إن الكفاءة المثالية لأي آلة حرارية (Eff.)

$$1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

حيث إن T_1, T_2 هى درجات الحرارة المطلقة (كلفن K).

مثال: أعلنت إحدى شركات الإعلان فى مجلة الإعلانات عن عرض أوكازيون لشراء نوع جديد من آلة بخارية يتم تشغيلها ما بين درجة الغليان 200^{0}م ودرجة حرارة العادم 50^{0}م وادعت هذه الشركة فى الإعلان إن الكفاءة الحرارية لهذه الآلة هى 80 % - فهل تنصح بشراء الآلة أم لا؟

الحل: نستخدم قانون الكفاءة للآلة والذى يمثله القانون الثاني للديناميكا الحرارية الذى ينص على:

$$Eff = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$= 1 - \frac{273 + 50}{273 + 200} = 1 - \frac{323}{473}$$

$$= \frac{473 - 323}{473} = \frac{150}{473} = 31.7\,\%$$

ولهذا يجب عدم شراء هذا المنتج لأن كفاءته هى 31.7 % فقط. وهذا مثال عملي وواقعي لفكرة عمل الثلاجات ودون الدخول فى التفصيلات فان فكرة عمل الثلاجة هى إنها تأخذ الحرارة من الطعام الموضوع بداخلها ثم تطردها للخارج فى الحجرة (والدليل على ذلك انك إذا وضعت يدك قريبا من ملفات التبريد والأسلاك خارج الثلاجة فانك ستشعر بالدفء ووجود حرارة). اى انه فى عمل الثلاجة (اى فكرة عملها) هى إنها تعمل بضغط السائل البارد فى جزء من دائرة مستمرة تحت ضغط منخفض إلى جزء أخر من دورة التبريد حيث يتبخر السائل البارد إلى غاز ثم ينضغط الغاز ميكانيكيا إلى حالة سائلة ثم تكرر الدورة مرة أخرى وهكذا ...عموما : يلاحظ إن عمليات التمثيل الغذائي Metabolism ما هى إلا تطبيقات على قوانين الديناميكا الحرارية.

المكافئ الميكانيكي الحراري: Mechanical Equivalent of Heat

يعرف المكافئ الميكانيكي الحراري بأنه كمية الشـــغل الميكانيكي اللازم بذله لإنتاج وحدة واحدة حرارية ويرمز لها بالرمز J

ولتعيين قيمة J عمليا استخدم جول مسعرا اسطوانيا بداخلة عوارض معدنية F (كما هو مبين بالشـكل) تدور بينهما بدالات A مثبتة فى محور رأســي يدور داخل المسعر ومتحد مع محوره وتدار البدالات A بواسطة ماكينة , ودوران البدالات يؤدى إلى دوران المسعر ولذا يمنع المسعر من الدوران بالتأثير علية بقوة دورانية مضـادة ومسـاوية للأولى ويمكن الحصـول على هذه الحركة الدورانية عن طريق ثقلين M , M مثبتين فى نهاية خيط يمر على بكرة محورها مثبت فى المســعر وفى هذه الحالة يبقى الثقلان ثابتان بينما تدور البدالات , والشــغل فى إدارة البدالات يتحول إلى طاقة حرارية ترفع درجة الماء والمســعر , فان كان المكافئ المائي للمســعر والماء هو E وكان الارتفاع فى درجة الحرارة هو T فان كمية الحرارة المتولدة هى:

$$H = E\,T \qquad (2)$$

وهذه الكمية تكافئ ما بذل من شـــغل ميكانيكي W وبمعرفة W يمكن تعيين المكافئ الميكانيكي للحرارة J .

ولكن الشـغل المبذول W لإدارة البدالات (وهو الذى تحول إلى طاقة حرارية يساوى فى المقدار الشغل المبذول حتى يثبت المسعر وقيمة هذا تساوى:

$$W = m\,g\,d\,(2\,\pi\,n) \qquad (3)$$

حيث n عدد الدورات التى تدورها البدالات, كتلة كل من الثقلين m , d قطر البكرة من المعادلتين (2) , (3) نجد أن:

$$J = \frac{W}{H} = \frac{m\,g\,d\,(2\,\pi\,n)}{T\,E} \qquad ($$

وقد وجد جول أن هذه النسبة ثابتة وقيم الثابت J هى (4.18 جول / سعر)

الديناميكا الحرارية هى الفرع الذى يدرس العلاقة بين الطاقة الحرارية والطاقة الميكانيكية وإمكانية تحويل اى منها للأخر.

من المعروف ســـابقا إن المكافئ الميكانيكي للحرارة يســـاوى 4.186 جول لكل كالورى ويمكن تقدير هذا المكافئ الميكانيكي بعدة طرق جميعها يتم فيها أداء شغل ثم قياس الحرارة المتولدة عن هذا الشـــغل وفى اى من هذه الحالات لتأدية شـــغل وتولد حرارة عن هذا الشـــغل , يســـمى الديناميكا الحرارية Thermodynamics والمثال على ذلك إنتاج وتولد حرارة من أداء الشغل وإنتاج الشغل من الحرارة.

قياس كميات الحرارة Heat Measurement

عندما يوضع جسم ساخن بحيث يلامس جمسا أخر بارد فأن درجة حرارة الجسم الساخن تنخفض بينما ترتفع درجة حرارة الجسم البارد حتى تصل درجة حرارة كليهما إلى درجة نهائية واحدة تقع بين درجتى حرارة الجسم الساخن والبارد. يعنى ذلك إلى أن الجسم الساخن يفقد كمية من الحرارة بينما يكتسب الجسم البارد هذه الكمية من الحرارة ومن المسلم به أن كتلة كل من الجسمين لا تتغير بانتقال الحرارة من أيهما إلى الأخر ولذلك يقال أن الحرارة ليس لها كتلة يمكن قياسها. ويمكننا بالتالى أن نستنتج أن السعة الحرارية للمادة تتوقف على نوع المادة.

وتعرف السعة الحرارية بأنها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة الحرارة للجسم كله درجة مئوية فإذا كانت كتلة المادة 1 حم فان السعه الحرارية تساوى ما يعرف باسم الحرارة النوعية للمادة وتعرف الحرارة النوعية Specific Heat للمادة بأنها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة وحدة الكتلة من المادة درجة واحدة.

وتعرف وحدة قياس كمية الحرارة بأنها كمية الحرارة التى تلزم لرفع أو خفض درجة حرارة 1 جم من الماء درجة واحدة مئوية ووحدة القياس فى النظام الفرنسى تعرف بوحدة السعر Calorie

وفى النظام البريطانى فان وحدة القياس هى الوحدة البريطانية للحرارة British Thermal Unit وتعرف هذه الوحدة بأنها كمية الحرارة اللازمة لرفع اوخفض درجة الحرارة لباوند واحد من الماء درجة واحدة فهرنهيتية.

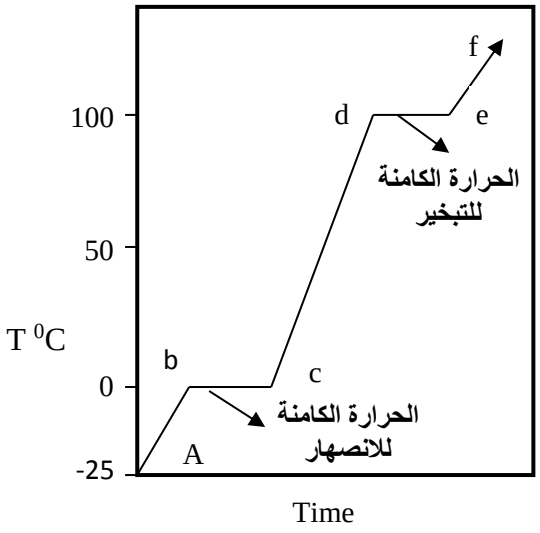
وفى التجارب المعملية وجد أن الحرارة التى تلزم لرفع درجة حرارة 1جم من درجة الصفر المئوى إلى 1 ْم تساوى كمية الحرارة التى تلزم لرفع درجة حرارة نفس الكتلة من 99 ْم إلى 100 ْم ولذلك فالقيمة المتوسطة للسعر يمكن الحصول عليها

بقسمة كمية الحرارة التى تلزم لرفع درجة حرارة جرام من الماء من درجة الصفر إلى 100 ْم على عدد الدرجات المناظرة لهذا المدى. وقد وجد عمليا أن هذه القيمة تساوى ما يمكن أن يكتسبه جرام واحد من الماء لترتفع حرارته 14.5 ْم إلى 15.5 ْم ولذلك عرف السعر دوليا بأنه كمية الحرارة التى تلزم لرفع آو خفض حرارة جرام واحد من الماء درجة واحدة مئوية من 14.5 ْم إلى 15.5 ْم. والسعر عادة يمثل طاقة Energy ويساوى 4.18 إرج (جم. سم/ث).

تغير حالة المادة بتغيرات الحرارة

توجد المادة فى إحدى الحالات الثلاث الصـــلبة أو الســـائلة أو الغازية وعندما تتحول من حالة إلى أخرى فان هذا التحول يكون مصحوبا بامتصاص أو فقد الحرارة كما يكون مصـحوبا أيضـا بتغيير فى حجم المادة. ولنأخذ لإيضـاح ذلك مثلا المركب الكيميائى H_2O هذه المادة توجد فى الحالة الصلبة على شكل جليد وفى الحالة السائلة على شـــكل ماء وفى الحالة الغازية على شـــكل بخار. وتظل حالة المادة ثابتة تحت ظروف معينة من الضغط ودرجة الحرارة.

يوضح الشكل التالى طبيعة تغير حالة كمية من الجليد عند درجة حرارة -25م نتيجة الارتفاع فى درجة الحرارة. يلاحظ أن درجة الحرارة ترتفع بانتظام بمرور الوقت من النقطة a إلى النقطة b حتى تصل إلى درجة الصفر.



وبمجرد الوصـول إلى هذه الدرجة يبدأ الجليد فى الانصـــهار متحولا من الحالة الصـــلبة إلى الحالة السائلة ورغم استمرار معدل تسخين قطعة الجليد إلا أننا نلاحظ أن درجة الحرارة تظل ثابتة عند الصـــفر حتى يتم تحويل كمية الجليد كلها من الحالة الصلبة إلى ماء عند درجة الصفر. بمجرد انتهاء عملية الانصـــهار عند النقطة c تبدأ درجة الحرارة فى الارتفاع بمعدل ثابت من c إلى d وهنا يلاحظ أن معدل الارتفاع فى درجة الحرارة من c إلى d أسرع من معدل الارتفاع من a إلى b فذلك لان الحرارة النوعية للجليد اقل منها للماء.

وعندما تصـــل درجة الحرارة إلى 100م يبدأ تكون بخار الماء (النقطة d) وتظل درجة الحرارة ثابتة عند 100م حتى تغلى كل كمية الماء وتتحول كلها إلى بخار (النقطة e) وبذلك يكون الماء قد تحول من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية. وتستغل كمية الحرارة المعطاة بعد ذلك فى رفع درجة الحرارة من e إلى f.

ومع أننا أخذنا الماء كمثال لتتبع تغير الحالة إلا انه على وجه العموم قد وجد أن جميع المواد البلورية تتميز بنقطة انصهار ثابتة ونقطة غليان ثابتة, وتتغير حالتها مع درجة الحرارة بنفس الطريقة الموضحة بالشكل. وبعض هذه المواد يتحلل أو يتفكك قبل أن يصل إلى درجة الانصهار أو درجة الغليان.

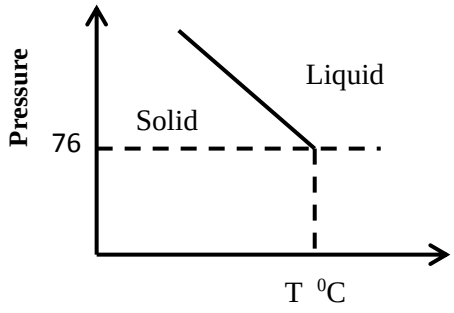
وفى المثال السابق أذا أزيل تأثير التسخين وبدأت درجه الحرارة فى الهبوط فان بخار الماء يبدأ فى التكاثف عند e وتظل درجة الحرارة ثابتة حتى تكثيف البخار عند d, وباســتمرار التبريد حتى النقطة c فان الماء يبدأ فى التجمد وتســتمر عملية التجمد رغم استمرار التبريد حتى النقطة b, عندئذ يتحول كل الماء إلى جليد.

ويفســـر ثبات درجة الحرارة أثناء عملية انصـــهار الجليد بان الطاقة الحرارية المعطاة تستغل فى التغلب على قوى التجاذب بين الجزيئات وتصبح الطاقة الداخلية للمنصهر اكبر منها للحالة الصلبة.

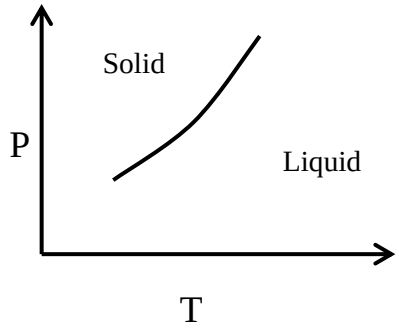
وتســـمى كمية الحرارة L اللازمة لتحويل واحد جرام من مادة ما من حالة الصلابة إلى حالة السيولة دون تغير فى درجة الحرارة بالحرارة الكامنة للانصهار.
وتكون كمية الحرارة اللازمة لانصهار m جم من المادة تحت ضغط ثابت هى:- $Q = m L$

وقد وجد أن كمية الحرارة اللازمة لانصـــهار جرام من الجليد تحت ظروف الضغط الجوى تساوى 80 سعرا, وهى نفسها تساوى كمية الحرارة اللازمة لتجميد واحد جرام من الماء فى درجة الصفر.

وبنفس الطريقة تعرف الحرارة الكامنة للتصعيد عند تحول الحالة السائلة إلى غازية والحرارة الكامنة تتساوى عند تحول الحالة الصلبة إلى حالة غازية.



وكما ذكرنا من قبل, فان الضغط أذا تغير فأنه يؤثر على درجة الحرارة الثابتة التى تتحول عندها المادة من حالة إلى أخرى, ويوضـــح الشـــكل تأثير الضـــغط على نقطة تجمد الماء وفيه تقل نقطه التجمد مع زيادة الضـــغط وهذا المنحنى يعتبر مثالا لحالات يزيد فيها حجم الســـائل بعد تجميده أو تحويله إلى الحالة الصلبة.



أما أذا كان الســـائل يقل حجمه أذا تحول إلى الحالة الصـــلبة كما هو الحال فى معظم المواد فان زيادة الضغط P سوف ترفع درجة التجمد كما هو موضـــح بالشـــكل ويعمل الضـــغط فى كلتـا الحـالتين على تقييـد حريـة الحركـة للجزيئات المكونة للمادة.

الحرارة الكامنة

الحرارة الكامنة هي مقدار الطاقة الحرارية اللازمة لتحويل وحدة الكتلة من المادة من حالة إلى حالة أخرى دون تغير في درجة الحرارة.

1- **الحرارة الكامنة للانصهار Latent Heat of Fusion**

وهى مقدار الطاقة الحرارية اللازمة لتحويل جرام واحد من المادة من حالتها الصلبة إلى حالتها السائلة دون تغير في درجة الحرارة.

2- **الحرارة الكامنة للتبخير أو التصعيد Latent Heat of Evaporation**

وهى كمية الحرارة اللازمة لتحويل جرام واحد من المادة من صورتها السائلة إلى غاز مع ثبوت درجة الحرارة ووحدة قياس الحرارة الكامنة هي سعر/جم.

تعيين الحرارة الكامنة لانصهار الجليد

مسعر بنزن الجليدي Bunsen's Ice Calorimeter

يتركب مسعر بنزن الجليدي من أنبوبة A يلتحم بها أنبوبة أخرى أوسع B يتصل بنهاية الأخيرة أنبوبة ملتوية. الجزء الافقى من الأنبوبة الملتوية ضيق وموضوع أمام تدريجي ملليمتري S.

تملأ ما بين الأنبوبتين B، A بماء خال من فقاعات الهواء حتى المستوى C حيث يكون الجزء الأسفل من B مملوء بالزئبق يدخل كل الجهاز في إناء محتوى على جليد مجروش ويترك الجهاز فترة زمنية كافية لان تصبح درجة حرارته صفر مئويا ويكون الماء في درجة الصفر ولم يتجمد بعد. نضع قليلا من الأثير في الأنبوبة A فعندما يتبخر الأثير فأنة يحتاج إلى كمية من الحرارة يأخذها من الماء المحيط فيتحول جزء من الماء إلى جليد يترسب على جدار الأنبوبة.

نلقى بجسم ساخن كتلته M ودرجة حرارته Q في الأنبوبة A فيفقد الجسم الساخن حرارته في إذابة جزء من الجليد المتجمد حول الأنبوبة A ، ويستمر الجسم الساخن فى فقد حرارته حتى تصل درجة حرارته الصفر المئوي ، وهى حالة الاتزان الحراري عندما تصبح كمية الحرارة المفقودة من الجسم الساخن مساوية لكمية الحرارة التي اكتسبها الجليد وانصهر وبقى بعد انصهاره في درجة الصفر المئوي.

$$m\ s\ t = m\ L$$

ونقيس التغير في الحجم بمعرفة مدى التراجع في شريط الزئبق في الأنبوبة S وليكن 1 وان نصف قطر الأنبوبة الشعرية r فيكون التغير في الحجم = $\pi r^2 L$ ومن ذلك فان:

$$m = \frac{v}{0.0907} = \frac{\pi r^2 L}{0.0907}$$

الحرارة النوعية Specific heat

تعرف الحرارة النوعية لمادة ما بأنها كمية الحرارة اللازمة لرفع وحدة الكتلة من المادة درجة واحدة، وهذه الكمية متوقفة علي نوع المادة . وتقاس الحرارة النوعية في النظام الفرنسي بوحدة سعر /جم/م. ووحدتها في النظام البريطاني وحدة حرارية بريطانية/باوند/ف وقد وجد أن الحرارة النوعية للماء تساوى 1سعر/جم/م.

السعه الحرارية

تعرف السعه الحرارية للجسم بأنها كميه الحرارة اللازمة لرفع درجه حرارة الجسم كله درجه واحدة، فإذا كانت كتله الجسم m، s حرارته النوعية فان:

السعه الحرارية = m × s سعر/م

طرق تعيين الحرارة النوعية

أ- **الحرارة النوعية للسائل**

هذه الطريقة تعتبر تطبيقا عمليا على قانون نيوتن للتبريد (معدل تبريد الجسم الساخن اى كمية الحرارة المفقودة فى وحدة الزمن تتناسب طرديا مع الفرق بين درجة حرارة الجسم والوسط المحيط). وتتلخص الطريقة العملية فيما يلي:- نأخذ مسعرين متشابهين من نفس المادة ونضع في احدهما حجما معينا من السائل المراد إيجاد حرارته النوعية ونضع بالمسعر الأخر نفس الحجم من الماء ونضع في كلا منهما ترمومتر. نضع المسعرين في حمام مائي حتى تصل درجة الحرارة كل منهما الى حوالى 80^5م ونضعهما بعد ذلك داخل إناء درجة حرارته ثابتة واقل من درجه حرارة السائل والماء ويغطى الإناء من الخارج بغطاء لمنع فقد حرارته بالتبخر ثم يترك السائل والماء ليبردا. نرسم منحنى التبريد لكل من السائل والماء ومن منحنى التبريد يمكن تعيين الحرارة النوعية للسائل وذلك بتعيين الزمن t_1 اللازم لكي يبرد السائل من درجة الحرارة θ_1 إلى درجه الحرارة θ_2 ونوجد الزمن t_2 الذي يستغرقه الماء لكي تهبط درجه حرارته بين θ_2، θ_1 وعلية فحسب قانون نيوتن للتبريد يكون معدل فقد الحرارة لكل من السائل والماء متساوي.

اى ان

$$\frac{(m_1s1+w)(\theta_1-\theta_2)}{t_1} = \frac{(m_2s2+w)(\theta_1-\theta)}{t_2}$$

m_1 كتله السائل s1 حرارتة النوعية، m_2 كتلة الماء، s2 حرارتة النوعية، w المكافى لكل من المسعرين فارغ.

ب – الحرارة النوعية لجسم صلب

طريقه الخلط

وفى هذه الطريقة يمكن تعيين الحرارة النوعية لجسم صلب وذلك بتسخين الجسم إلى درجة حرارة ولتكن θ ثم نلقي به في مسعر به كمية من الماء ويترك الجميع حتى تثبت درجة حرارة الخليط فتكون كمية الحرارة التي فقدها الجسم الساخن مساوية لكمية الحرارة التي اكتسبها الماء والمسعر.

نفرض أن كتلة المسعر m_1 وحرارته النوعية s_1 وكتلة ما به من ماء m_2 وحرارتة النوعية s_2 ودرجة الحرارة الابتدائية θ_1 وان الجسم الساخن كتلته m وحرارته النوعية s ودرجة حرارته θ وبعد إلقائه في الماء أصبحت درجة الحرارة النهائية للجميع θ_2

كمية الحرارة المفقودة من الجسم الساخن = $ms(\theta - \theta_2)$

وكمية الحرارة المكتسبة بالماء والمسعر = $(m_1s_1 + m_2s_2)(\theta_2 - \theta_1)$

$$ms(\theta - \theta_2) = (m_1s_1 + m_2s_2)(\theta_2 - \theta_1)$$

ومنها يمكن تعيين قيمه s للجسم الصلب

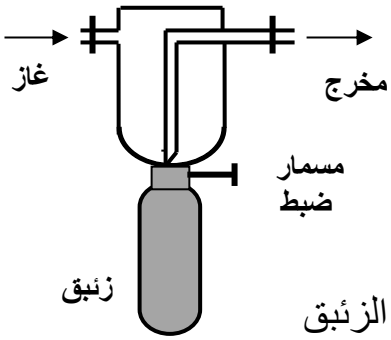
الحرارة النوعية ونقطة الذوبان والغليان لبعض المواد

المادة	الحرارة النوعية على 20°م سعر/جم°م	نقطة الذوبان °م	نقطة الغليان °م	المادة	الحرارة النوعية على 20°م سعر/جم°م	نقطة الذوبان °م	نقطة الغليان °م
زئبق	0.033	38.9-	356.7	الومنيوم	0.21	658.7	2000
أستون	0.52	94.3-	56.7	حديد	0.12	1100.0	-
ماء	0.5	صفر	100.0	نحاس	0.094	1083.0	2300
جلسرين	0.58	20.0-	290.0	ذهب	0.032	1063.0	-
كحول ايثانول	0.58	114-	78.3	رصاص	0.03	327.0	
بنزين	0.407	5.5	80.2	زيت	0.055	231.9	-

أهم التطبيقات على الحرارة

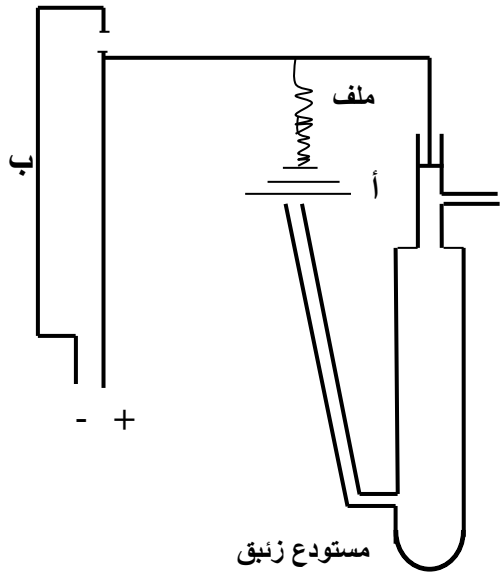
تستعمل نظريات الحرارة فى المجالات التطبيقية أساسا من حيث عملية تنظيم حرارة الأجهزة المختلفة مثل الأفران - الثلاجات - الحضانات وخلافها من الأجهزة. والفكرة الأساسية تعتمد على أن تغيرات الحرارة تعمل على تمدد السوائل وبالتالى يتغير حجمها مما يتيح الفرصة للتحكم فى الفتحات وذلك كما فى فكرة تنظيم دخول غاز الاستصباح أو تعتمد على أساس تغير تمدد المواد المعدنية كما فى حالة منظمات الازدواج أو تنظيم الحرارة عن طريق الكبسولة.

1. منظم دخول غاز الاستصباح



وتعتمد الفكرة الأساسية على وجود مستودع للزئبق متصل بأنبوبة خروج الغاز, فعندما ترتفع الحرارة يتمدد الزئبق حتى تقل المسافة بين سطح الزئبق وأنبوبة خروج الغاز ويمكن التحكم فى كمية الزئبق وبالتالى ضبط تيار الغاز عن طريق مسمار خارجي.

2. منظم الحرارة الكهربائى



وتعتمد فكرته الأساسية أيضا على تمدد الزئبق الموضوع فى أنبوبة أو مستودع والذى يتصل طرفه بمسمار يتصل بسلك يتصل بحافظة أسفلها ملف يعمل كمغناطيس. يتصل الزئبق بمصدر كهربى يعمل على تنشيط المغناطيس. عند ارتفاع الحرارة يتمدد الزئبق فيلامس سطح الزئبق السلك فتتم الدائرة ويعمل المغناطيس فيقطع التيار عن الدائرة (ب) التى بها مقاومة التسخين فإذا برد الزئبق ينقطع التيار فى الدائرة (أ) ويعود التوصيل فى الدائرة (ب) فتعمل المقاومة على التسخين وهكذا يستمر انقطاع واتصال التيار فى دائرتين.

3. **منظم الازدواج**

ويتركب أساسا من ساقين معدنيين (بزمونت - انتيمون) يدخلان فى الفرن أو جهاز التفريغ المطلوب تنظيم حرارته بحيث يكونان غير متلامســـان ألا فى احد الطرفين ويتصـــل الطرفان الآخران بجلفانومتر يعمل على توصـــيل أو قطع التيارعن مقاومة موجودة داخل الجهاز. عندما ترتفع درجة الحرارة يتأثر الجلفانومتر ويعمل على قطع التيار فإذا برد يعود الجلفانومتر للوضع الذى يعاود سريان التيار فتعود المقاومة إلى تسخين الجهاز وهكذا.

4. **تنظيم الحرارة بالكبسولة المنظمة**

وتعتمد أساسا على وجود علبة معدنية صغيرة بها سائل يعمل عند ارتفاع الحرارة على زيادة ضغط البخار بها فيبعد المسافة بين سطحيها العلوى والسفلى. يثبت الجزء السفلى فى الجهاز المراد ضبط حرارته أما السطح العلوى يتصل بعدد من الروافع تعمل على قطع التيار وعندما ينقطع التيار يبطل عمل المقاومة وتنخفض الحرارة للقدر الذى يقل فيه حجم الكبسولة فيبدأ التيار ثانيا وتبدأ عملية التسخين وهكذا.