الحرارة وتغيرات الطور

1 - الحرارة والطاقة الداخلية *Heat and Internal Energy*

في منتصف القرن التاسع عشر بينت التجارب التي اجراها العالم جول واخرون ان الطاقة يمكن ان تضاف الى او تؤخذ من نظام ما اما بواسطة الحرارة او ببذل شغل على هذا النظام او بجعل النظام يبذل شغلا. يجب ان نميز بين الحرارة والطاقة الداخلية . الطاقة الداخلية هي كل الطاقة التي يحتويها النظام والمرتبطة بمكوناته الميكروسكوبية من ذرات وجزيئات مثل طاقة الحركة الانتقالية وغيرها . اما الحرارة هي انتقال الطاقة عبر حدود نظام ما نتيجة لفرق درجات الحرارة بين النظام والوسط المحيط به. ويجب ان نعرف كذلك ان الطاقة الداخلية لنظام ما يمكن ان تتغير حتى ان لم تنتقل اليه طاقة عن طريق الحرارة. مثلا عند ضغط غاز بواسطة مكبس , فأن الغاز يسخن وتزداد طاقته الداخلية دون ان يحدث انتقال للطاقة على شكل حرارة من الوسط المحيط الى النظام . اما اذا تمدد الغاز بعد ذلك بسرعة فأنه يبرد اي تنخفض طاقته الداخلية دون ان يحدث انتقال للطاقة على شكل حرارة من النظام الى الوسط المحيط اذا التغير في درجات الحرارة ناتجة عن عملية الانضغاط والتمدد , اي في كلا الحالتين الطاقة تنتقل من الغاز او اليه عن طريق انجاز شغل .

2 - الحرارة وتأثيراتها *Heat and its Effect*

إن عملية رفع درجة حرارة المادة يعني تزويدها بالطاقة الحرارية، اما عملية خفض درجة الحرارة المادة فتعني سحب مقدار من الطاقة الحرارية.

ان كمية الطاقة التي يجب تجهيزها أو سحبها من المادة تعتمد على عدة عوامل منها:

1- كتلة المادة.
2- مقدار الارتفاع أو الانخفاض (مقدار التغير) في درجة حرارة المادة.
3- الحرارة النوعية للمادة.

أما في عمليات الغليان والانصهار والتسامي التي تمر بها المواد، فان كمية من الطاقة الحرارية سوف تمتص من دون ان تسبب أي زيادة في درجة حرارة المادة . وفي حالة عمليات التكاثف والانجماد فان مقداراً من الطاقة الحرارية سوف يتحرر مع بقاء درجة حرارة المادة ثابتة.

ومن خلال دراسة عمليات التسخين والتبريد والعمليات التي تمر بها المادة كالغليان والانصهار والتكاثف والتسامي والانجماد يمكن استنتاج بعض النقاط المهمة :

1- تقوم الطاقة الحرارية المزودة للمادة بزيادة الطاقة الحركية أو الاهتزازية لذرات أو جزيئات المادة مما يؤدي الى رفع درجة حرارتها، بينما يحدث العكس عند سحب كمية من الطاقة الحرارية , حيث تقل الطاقة الاهتزازية او التذبذبية لذراتها او جزيئاتها مما يؤدي الى خفض درجة حرارتها .مع ملاحظة ان المادة تبقى محافظة على حالتها سواء كانت صلبة أم سائلة أم غازية.

2 - ان امتصاص أو تحرير الطاقة الحرارية خلال عمليات الغليان والانصهار والتسامي والتكاثف والانجماد لا يؤدي الى زيادة أو خفض درجة حرارة المادة، بل ان درجة الحرارة تبقى ثابتة طيلة فترة عملية التحول في حالة المادة. ان الطاقة الحرارية التي تمتصها المادة تستخدم في تلين أو تكسر الاواصر التي تربط بين ذرات أو جزيئات المادة. ويحدث العكس عند تكوين وبناء هذه الاواصر.

3 – وحدات الحرارة *Units of Heat*

هنالك وحدة طاقة لها علاقة بالعمليات الحرارية وهي الكالوري Calori وتختصر ال (Cal) ويعرف الكالوري على اساس انه كمية الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة غرام من الماء درجة حرارية واحدة من 14.5 الى 15.5 . وفي النظام الدولي للوحدات SI تستخدم وحدة الجول (Joule) وتستخدم كوحدة للطاقة الحرارية والطاقة الداخلية والشغل.

4 - كمية الحرارة *Quantity of Heat (Q)*

يمكن تحديد كمية الحرارة (Q) التي تكتسبها او تفقدها المادة خلال عمليات التسخين او التبريد او عمليات التحول في حالة المادة وعمليات التبادل الحراري ,باستخدام قانون حفظ الطاقة وذلك باستخدام العلاقة الاتية

كمية الحرارة المفقودة = كمية الحرارة المكتسبة

وهناك بعض النقاط المهمة التي يجب مراعاتها عند القيام بعملية حساب كمية الحرارة المفقودة أو المكتسبة من قبل المادة في الحالات الآتية:

الحالة الاولى : حالة تغير درجة حرارة المادة

ان كمية الحرارة (Q) التي تكتسبها المادة أو تفقدها خلال عمليات التسخين أو التبريد لغرض رفع أو خفض درجة حرارتها فقط من **دون حصول عملية تغير في حالة المادة** تعطى بالعلاقة الآتية:

$$Q=m\,C\Delta T \quad \text{-------(1)}$$

حيث ان : C الحرارة النوعية للمادة

ΔT مقدار التغير في درجة الحرارة

m كتلة المادة

- ***الحرارة النوعية للمواد*** ***Specific Heat of Material (C)***

عند اضافة طاقة لمادة ما فأن درجة حرارتها ترتفع اي تزداد طاقتها الداخلية , اذا كمية الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة كمية معينة من المادة بمقدار ما تختلف من مادة الى اخرى ,مثلا كمية الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة كيلو غرام من الماء درجة سيليزية واحدة تساوي 4186 J بينما كمية الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة كيلو غرام واحد من النحاس بمقدار درجة سيليزية واحدة تساوي 387J . اذا تعرف السعة الحرارية النوعية او الحرارة النوعية بانها كمية الطاقة المنتقلة الى او من كتلة من المادة لتغير درجة حرارتها بمقدار ΔT . عندئذ تكون الحرارة النوعية للمادة هي

$$\boldsymbol{C=\frac{Q}{m\Delta T}----(2)}$$

والحرارة النوعية هي مقياس لمدى حساسية المادة للطاقة المضافة فكلما زادت الحرارة النوعية للمادة كلما زاد مقدار الطاقة الواجب اضافتها اليها لإحداث التغير المطلوب في درجة الحرارة .

وحدات الحرارة النوعية : ان وحدة قياس الحرارة النوعية هي **J/Kg. K , J/g .K , cal/ g.K, J/mole.K**

وتعتمد **الحرارة النوعية** للمادة اعتماداً كبيراً على درجة الحرارة، وعلية يجب ذكر درجة الحرارة عند اعطاء قيمة الحرارة النوعية لمادة ما. حيث ان الحرارة النوعية للماء عند درجة حرارة الغرفة تساوي تقريباً $(4.2x10^3 J/ Kg.k)$ او 4.2 J/g.K او 1cal/g.K .

- ***السعة الحرارية*** ***Heat Capacity (c)***

تعرف السعة الحرارية بانها كمية الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة مادة ما درجة سيليزية واحدة وبالتالي اذا احدثت كمية من الطاقة Q تغير في درجة الحرارة مقداره ΔT عندئذ تكون السعة الحرارية

$$c = \frac{Q}{\Delta T} \quad \text{------(3)}$$

وحدات السعة الحرارية هي J/K

اي ان السعة الحرارية ترتبط بالحرارة النوعية بالعلاقة التالية

السعة الحرارية = الكتلة $\times$ الحرارة النوعية

$$\mathbf{c = m . C \quad -----(4)}$$

يجب ملاحظة انه عند اعتبار قيم كل من ΔT , Q قيما موجبة فأن الطاقة تنتقل الى النظام وعندما تكون كل من ΔT, Q سالبة فأن الطاقة تنتقل الى حارج النظام اي ان النظام في الحالة الاولى يكتسب طاقة وفي الحالة الثانية يفقد طاقة .

الحالة الثانية : حالة تغير حالة المادة

ان كمية الحرارة (Q) التي يجب تزويدها للمادة خلال عمليات تحول المادة كالغليان او الانصهار او التسامي او التي يجب سحبها من المادة خلال عمليات الانجماد او التكاثف من دون ان تسبب زيادة او نقصان في درجات الحرارة للمادة تعطى حسب العلاقة التالية .

$$Q=m\ L \quad \text{---------} \ (5)$$

حيث L تمثل الحرارة الكامنة للانجماد او الانصهار او الغليان او التسامي

الحالة الثالثة : حالة تغير طبيعة او تركيب المادة

وتشمل حالات التغير المغناطيسية او الكهربائية او تغيرات تركيب المادة .

5 – الحرارة الكامنة *Heat Latent*

من المعتاد ان يحدث تغير في درجة الحرارة لأي مادة عندما يحدث تبادل للطاقة بينها وبين الوسط المحيط بها . الا ان هنالك حالات لا يحدث فيها تغير في درجة الحرارة عند تبادل الطاقة . هذه هي الحالة التي تتغير فيها المادة من صورة لأخرى . مثل هذا التغير يسمى تغير الطور (***Phase Change***) وهنالك تغيران معروفان هما التغير من الطور الصلب الى الطور السائل (انصهار) (melting)ومن الطور السائل الى الطور الغازي (غليان) (boiling) . والتغيرات الطورية من هذا النوع جميعها مصحوبة بتغير في الطاقة الداخلية دون تغير في درجة الحرارة . على سبيل المثال الزيادة في الطاقة الداخلية عند الغليان تمثل تحطم الروابط بين الجزيئات في الحالة السائلة . وتحطم تلك الروابط يسمح للجزيئات ان تتحرك مبتعدة عن بعضها في الحالة الغازية وينتج عنها زيادة في طاقة الوضع بين الجزيئات مناظرة للزيادة في الطاقة الداخلية. وتستجيب المواد بشكل مختلف لإضافة او سحب طاقة عندما يحدث تغير في الطور لان التنظيم الداخلي للجزيئات يختلف من مادة لأخرى .وكذلك كمية الطاقة المنتقلة Q اثناء التغير الطوري يعتمد على كمية المادة على سبيل المثال لكي نصهر مكعب من الثلج نحتاج لطاقة اقل مما نحتاجه لكي نذيب كمية كبيرة جدا من الثلج .ان النسبة بين الطاقة والكتلة تعبر عن الطاقة الكامنة وهي صفة حرارية هامة للمادة .ونظرا لان الطاقة المضافة او المأخوذة لا تؤدي الى تغير في درجة الحرارة , فأن الكمية (L) تسمى الحرارة الكامنة للمادة (Latent Heat) اي الحرارة المختبئة ومقدار L يعتمد عل طبيعة التغير الطوري وعلى خواص المادة.

5.1 - الحرارة الكامنة للانصهار *Latent Heat of fusion*

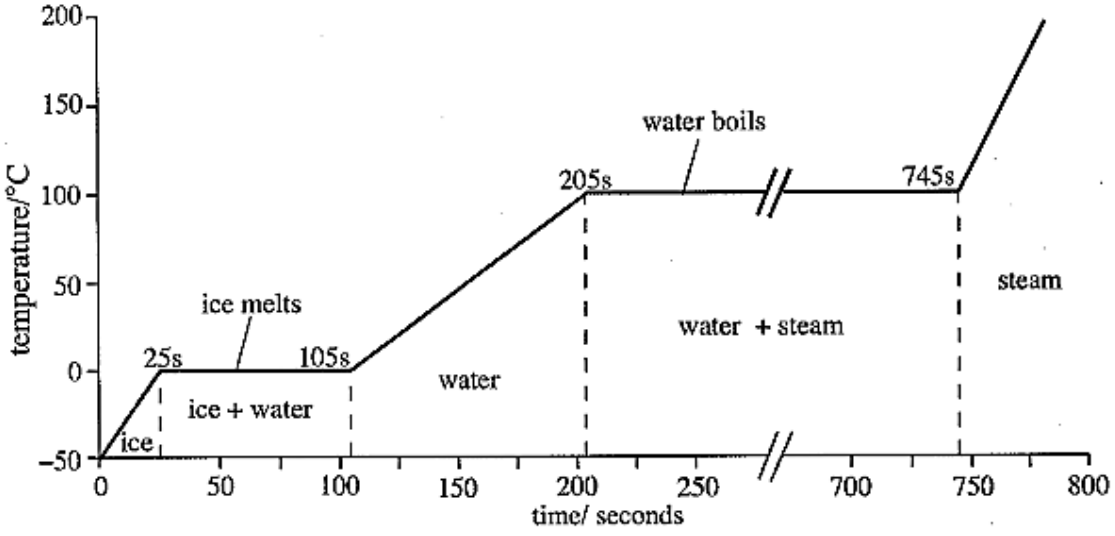
هو المصطلح المستخدم عندما يتغير الطور من الحالة الصلبة الى الحالة السائلة . لو تصورنا أن لدينا كتلة من الجليد حرارتها **دون درجة** الصفر المئوي (0^oC) وتم وضع مسخن ومحرار في الكتلة، بعد مرور التيار وتجهيز الطاقة يلاحظ ارتفاع درجة الحرارة الـى الصفر. بعد ذلك تثبت قراءة المحرار حيث يبدأ الجليد بالتحول الى ماء وتبقى قراءة المحرار ثابتة حتى اكتمـال تحول كل الجليد الى ماء.تعرف الحرارة الكامنة للانصهار بانها كمية الحرارة اللازمة لتحويل كتلة معينة من المادة من الحالة الصلبة الى الحالة السائلة تحت درجة حرارة وضغط ثابتة , وحدة قياس الحرارة الكامنة للانصهار هي J/kg , cal/g

5.2 - الحرارة الكامنة للتبخر *Latent Heat of Vaporization*

هو المصطلح المستخدم عندما يتغير الطور من الحالة السائلة الى الغازية .عندما تستمر عملية تسخين الماء فأن قراءة المحرار تبدأ بالارتفاع من جديد حيث يبدأ الماء بالغليان ولفترة طويلة. بعد ذلك تثبت قراءة المحرار وحتى يتحول كل الماء الى بخار يبدأ بعدها ارتفاع درجة الحرارة من جديد. تعرف الحرارة الكامنة للتبخر بانها كمية الحرارة اللازمة او الطاقة اللازمة لفصل وحدة الكتلة من جزيئات السائل عن بعضها البعض وتحويلها من طر السائل الى طور الغاز (البخار) تحت درجة حرارة وضغط ثابتين.

ملاحظة : عندما يبرد الغاز فأنه يتكثف اي يعود الى الطور السائل . الطاقة التي تتحرر في هذه العملية لوحدة الكتلة تسمى الحرارة الكامنة للتكثيف وهي عدديا تساوي الحرارة الكامنة للتبخر . وبالمثل عندما يبرد السائل فأنه يتجمد والحرارة الكامنة للتجمد تساوي عدديا الحرارة الكامنة للانصهار .

هي كمية الحرارة اللازمة لتحويل غرام واحد من المادة من حالة (phase) إلى أخرى.



ملاحظة:

1- الحرارة الكامنة للمادة الواحدة غير ثابتة في تغير الحالات فمثلا

- الحرارة الكامنة لتحول الماء إلى بخار أو العكس = $540Cal/gm$ = 2256 kJ/kg
- الحرارة الكامنة لتحول الماء إلى ثلج أو العكس = $80Cal/gm$ = 333 kJ/kg

2- عند انتقال الحرارة من جسم إلى آخر فإن:

كمية الحرارة المفقودة = كمية الحرارة المكتسبة

بشرط ألا يكون هناك فقد في الطاقة الحرارية خلال الوسط المحيط بمعنى عزل الجسمين عن الوسط المحيط بهما.

مثال: ماهي كمية الحرارة اللازمة لتحول قطعة من الثلج كتلتها 720 gm ودرجة حرارتها°C 10- الى الحالة السائلة عند درجة حرارة 15°C؟

مع العلم ان الحرارة النوعية للجليد C_{ice}= 2220 J/Kg.k

الحرارة الكامنة للانصهار الجليد L = 333KJ/ Kg

الحرارة النوعية للماء C_W = 4190 J/Kg.k

المرحلة الاولى : التحول من ثلج عند 10°C- الى ثلج عند0 °C

نحول الكتلة من gm الى kg

0.72 kg

$$Q = m \times C \times \Delta T$$

$$= 0.72Kg \times 2220 \frac{J}{kg\ .k} \times= \big(0 - (-10)\big) = 15984J$$

المرحلة الثانية تحول من جليد بدرجة 0°C الى ماء بدرجة 0 °C

$$Q = m\ \times L$$

$$Q = 0.72\ Kg\ \times 333\ \times 10^3 \frac{J}{Kg} = 239760J$$

المرحلة الثالثة التحول من ماء بدرجة 0°C الى ماء بدرجة 15 °C

$$Q = 0.72\ Kg\ \times 4190 \frac{J}{Kg.k}\ \times 15\ k = 45552\ J$$

$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3$

=300996 J