1-1 درجة الحرارة:

يعد مفهوم درجة الحرارة من المفاهيم الاساسية في الفيزياء كالقوه والسرعه والتعجيل وغيرها .

ومن المفاهيم البسيطه والاولية هو ان درجة الحرارة هي ذلك الشئ المسؤول عن احساسنا بالسخونه والبرودة وتعد حاسة اللمس ابسط طريقة لتميز سخونة وبرودة الاحساء. أذ نستطيع القول ان الجسم X اشد سخونه من الجسم Y والجسم y اشد او اقل سخونه من الجسم Z وهكذا.

الان لو وضعنا جسمين الاول X ذا درجت حرارة T_1 يكون باردا عند لمسه والثاني Y ذا درجة حرارة T_2 يكون ساخنا عند لمسه باليد فأذا وضع الجسمان في حالة اتصال حراري فأن الجسم الساخن سوف يبرد والجسم البارد سوف يسخن ثم بعد فتره معينه من الزمن سوف تصبح درجة حرارة كلا الجسمين هي نفسها وعندها يمكن القول ان الجسمين اصبحا في حالة توازن حراري. ولتوضيح ذلك افترضنا ان هناك شئ ما تسميه الحرارة Heat (وهي نوع من انواع الطاقة قد انساب من الجسم الساخن الى الجسم البارد الى ان تساوت درجة حرارة الجسمين. أن هذا التغير يتطابق مع فكرة ان درجة الحرارة هي مقياس لسخونة او برودة الاجسام ، فضلاً عن انه يقود ايضاً الى معنى اساسي اخر لدرجة الحرارة هو انها خاصية للمادة تؤول الى نفس قيمتها في مواد اخرى عندما توضع هذه المواد في حالة اتصال حراري ويحقق التوازن الحراري.

فضلاً عما تقدم يمكن اعتبار درجة الحرارة كمقياس للنشاط الحراري لذرات او جزيئات المادة، وتعرف على انها مقياس للطاقة الحركية (الاهتزازية) لذرات او جزيئات المادة

ويعبر عن درجة الحرارة بالدرجة السليزية (المئوية) c° او الدرجة الفهرنهايتية F° او الدرجة الكلفنية (المطلقه) K

2- 1 اسس قياس درجة الحرارة:

تعتمد الخواص الفيزيائية للمادة على درجة الحرارة وتتغير هذه الخواص بتغير درجة الحرارة ومن هذه الخواص (حجم المادة والمقاومه الكهربائية للسلك وطول القضيب المعدني وضغط الغاز المحصور تحت حجم ثابت وحجم الغاز المحفوظ تحت ضغط ثابت ولون سلك التسخين في المصباح الكهربائي وغيرها).

وبالاعتماد على العلاقة بين اي من هذه الخواص الفيزيائية ودرجة الحراره يمكن بناء مقياس لدرجة الحرارة (محرار). وان بناء اي محرار يعتمد اساساً على الامور التالية:-

1 - اختيار المادة المحرارية المناسبة

2 - اختيار الصفة المحرارية المناسبة لتلك المادة

3- اختيار المدى المناسب لدرجات الحراره التي يراد قياسها

4- الافتراض بان الصفة المحرارية المختارة تتغير باستمرار مع تغير درجات الحرارة

فاذا فرضنا ان العلاقة بين الخاصية الفيزيائية المحرارية المختارة X و درجة الحرارة المطلقة T يمكن كتابتها بالعلاقة الخطية الاتية:-

$$T = aX \quad \ldots\ldots(1-1)$$

اذ ان (a) تمثل كمية ثابتة بالامكان تحديد قيمتها عند بناء اي محرار لقياس درجة الحرارة.

ان المعادلة (1-1) علاقة خطية بين درجة الحرارة والخاصية الفيزيائية للمادة وتشير الى نقطتين مهمتين هما:.

1-ان الفروق المتساوية من درجة الحرارة ينتج عنها تغيرات متساوية المقدار في قيمة الخاصية الفيزيائية المحرارية المختارة x

2-ان النسبة بين اي درجتين حراريتين تساوي النسبة بين قيميتي الخاصية الفيزيائية عند الدرجتين الحراريتين وبعبارة اخرى:

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{X_1}{X_2} \quad \text{.....(1-2)}$$

X_1 ، X_2 هي الخاصيتين الفيزيائية عند الدرجة الحرارية T_1، T_2 عند استخدام العلاقة (2-1) يجب ملاحظة الامور التالية:-

1- ان قيم درجات الحرارة لمقياس معين يتعمد على مادة معينه وخاصية معينه ليس بالضروره ان تكون متطابقة مع درجات الحرارة لمقياس اخر وخاصية اخرى.

2- اذا حدث تطابق بين مقياسين مختلفين لدرجة الحرارة في مدى معين فانه ليس من الضروري ان يحدث تطابق في مدى اخر لدرجات الحرارة.

3- ان العلاقة الخطية (2-1) لاتصح لجميع مديات درجات الحرارة وهذا يعني ان الثابت a لاتكون نفسها عند جميع درجات الحرارة.

ويمكن كتابة العلاقة (2-1) بالشكل التالي

$$T_1 = T_2 \frac{X_1}{X_2} \quad \text{.....(1-3)}$$

فاذا افترضنا ان قيمة خاصية المادة X_2 عند النقطة الثلاثية للماء T_2 والمساوية الى 273.16 K فان المعادلة (3-1) يمكن تبسيطها الى الصيغة التالية

$$T_1 = 273.16 \frac{X_1}{X_2} \quad \text{.....(1-4)}$$

ان العلاقة الاخيره (4-1) يمكن تعميمها على جميع انواع المحارير التي يراد استخدامها اي

للمحارير السائلة ويمثل L طول عمود الزئبق و $T(L) = 273.16 \frac{L}{L^\circ}$

L° الطول الاصلي

للمحارير الغازية وذات الحجم الثابت حيث $T(P) = 273.16 \frac{P}{P^\circ}$

P الضغط و P° الضغط الاعتيادي

للمحارير الغازية ذات الضغط الثابت حيث $T(V) = 273.16 \frac{V}{V^\circ}$

V الحجم لدرجة الحرارة و V° الحجم الاصلي

للمحارير المقاومه الكهربائية حيث $T(R) = 273.16 \frac{R}{R^\circ}$

R المقاومة لدرجة الحرارة و R° المقاومة الاصلية

لمحارير المزدوجات الحرارية حيث ε القوه الدافعه الكهربائية لدرجة الحرارة و ε° وهو القوه الدافعة الكهربائية الاصلي $T(\varepsilon) = 273.16 \frac{\varepsilon}{\varepsilon^\circ}$

وهكذا لاي نوع من المحارير

حيث ان L° ، P° ، V° ، R° ، ε° تمثل قيم الخاصية المعنية عند درجة الحرارة 273.16 K

لقياس درجات الحرارة الواطئة يستخدم احد انواع محارير المقاومه ويستخدم نوع معين لمدى من درجات الحراره الواطئه لانه لايوجد محرار مقاومه واحد كفوءاً لجميع درجات الحرارة الواطئه بين (1K-300K) درجة حرارة الغرفة وتستخدم كما يلي:-

محرار مقاومه شبة موصل 2K-20K

محرار مقاومة الكاربون 0.1K-20K

محرار المقاومة البلاتيني 20K-100K

اما درجات الحراره اقل من 1K فنستخدم صفة التاثيرية المغناطيسية كالاملاح البارامغناطيسية

3-1 مقاييس درجة الحرارة:

لصنع محرار يجب تعيين مقياس درجة الحرارة المناسب وتعين الطريقة المناسبة لتدريج المحرار.

وهناك ثلاثة مقايس رئيسية لدرجة الحرارة وهي كمايلي:-

1-3-1 المقياس السليزي:

يتم تدريج هذا المقياس على اساس ان نقطه انجماد الماء صفر درجة سليزية 0C° تحت الضغط الجوي الاعتيادي ونقطة غليان الماء 100C° عند الضغط الجوي الاعتيادي. ويتم تدريج المحرار بوضعه في خليط الثلج والماء وتركه يستقر ويؤشر مستوى الزئبق على انه 0C° ثم يوضع المحرار في خليط البخار والماء فيرتفع الزئبق الى ان يستقر فتكون هذا المستوى 100C° وبعدها تقسم المسافه الى مئه جزء متساو كل جزء هو درجة مئوية واحدة.

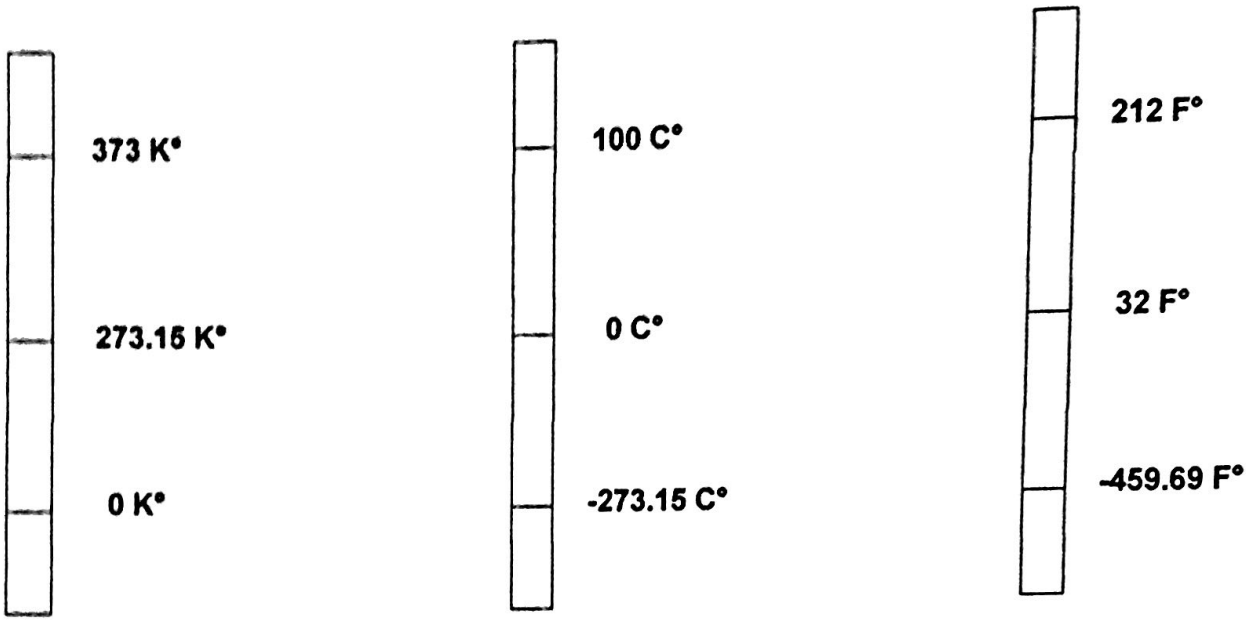
ويمكن توسيع مدى المحرار بتقسيمه بنفس المسافة قبل الصفر لقراءة درجات الحرارة دون الصفر المئوي وبعد 100C° لقياس درجات الحرارة اكثر من مئة درجة.

1-3-2 المقياس الفهرنهايتي:

ان مساحة درجة الحرارة في المقياس الفهرنهايتي تساوي($\frac{5}{9}$) مساحة درجة الحرارة السليزية

1-3-3 المقياس الكلفني:

يعد المقياس الكلفني المقياس العلمي الاساس لدرجة الحرارة يشبه في تقسيماته المقياس السليزي. ان درجة انجماد الماء في هذا المقياس تساوي 273.15 K° درجة كلفنية. اما درجة غليان الماء هي 373 K° اي ان المسافه بين النقطتين 100 تقسيمه متساويه والشكل التالي يمثل هذه المقايس الثلاثه



مخطط المقايس الثلاثه K و C و F

1-3-4 التحويل من مقياس الى اخر Conversion of Scales

يمكن تحويل من مقياس الى اخر لدرجات الحرارة كما ياتي :-

1- من المقياس السليزي الى المقياس الفهرنهايتي وبالعكس كما في المعادلة التالية

$$°F = \frac{9}{5}°C + 32 \ldots\ldots(1-5)$$

$$°C = \frac{5}{9}(°F - 32) \ldots\ldots(1-6)$$

2- المقياس السليزي الى الكلفيني وبالعكس

$$K = 273 + °C \ldots\ldots\ldots(1-7)$$

$$°C = K - 273 \ldots\ldots\ldots(1-8)$$

3- من المقياس الكلفني الى المقياس الفهرنهايتي وبالعكس

$$°F = \frac{9}{5}(K - 273) + 32 \ldots\ldots\ldots(1-9)$$

$$K = 273 + \frac{5}{9}(°F - 32) \ldots\ldots\ldots(1-6)$$

1-4 انواع المحارير

هناك عدة انواع من المحارير حسب اعتمادها على خاصية المادة ويمكن تمثيلها بالجدول التالي:-

نوع المحرار	نوع الخاصية المعتمدة
المحرار الزنبقي	طول عمود الزنبق (L)
المزدوج الحراري	القوة الدافعة الكهربائية (E)
المحرار الغازي ذو الحجم الثابت	ضغط الغاز (P)
محرار المقاومة الكهربائية	المقاومة الكهربائية (R)
المحرار الغازي ذو الضغط الثابت	حجم الغاز (V)

الى محاضرة الاولى

1-4-1 تدريج المحرار :

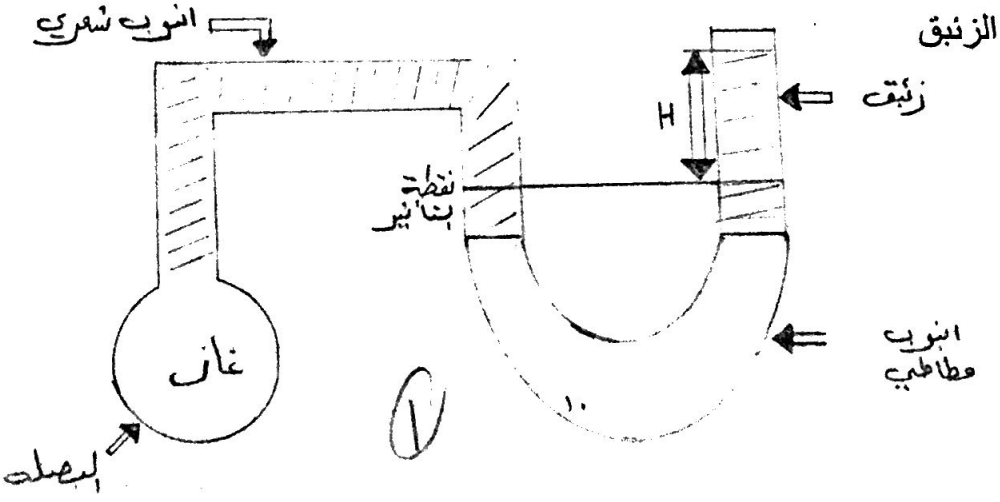
ان عملية تدريج المحرار تعني تعين قيمة الثابت (a) لاي نوع منها وهذه العملية تتطلب اختيار نقطة اساسية (قياسية) ثابته لدرجة الحرارة وهذه النقطة هي النقطة الثلاثية للماء وتعرف بانها درجة الحرارة التي يتواجد عندها الجليد والماء والبخار معاً في ان واحد وفي حالة توازن حراري وتحت ضغط ثابت يعادل (4.6mmhg) وقد اتفق على ان هذه الدرجة هي (273.16K) والتي تمثل النقطة الثلاثية للماء.

1-4-2 المحرار الغزي ذو الحجم الثابت :

يتكون من وعاء زجاجي او معدني يسمى احياناً البصلة يتصل بانبوبه زجاجية شعرية الى المانومتر (مقياس زئبقي) تحوي البصله على الغاز او الهواء.

عندما توضع البصلة في وعاء خارجي يمثل الوسط او المحيط المراد قياسه يتم استخدام هذا المحرار وذلك بجعل مستوى الزئبق متساوياً في جهتي المانومتر ويتم تأشيرها بين النقطتين في الحالة الاعتيادية وتحت الضغط الجوي الاعتيادي ثم تغمر البصلة في المحيط المراد قياس درجة حرارته فاذا كان المحيط ساخناً سوف يتمدد الغاز المحصور في البصله ويقوم بدفع الزئبق مؤدياً الى انخفاض مستواه في الجهه اليسرى من المانومتر وارتفاعه في الجهه اليمنه اما اذا كان المحيط بارداً فسيتقلص الهواء مؤدياً الى ارتفاع الزئبق في الجهه اليسرى وبعد حصول التوازن الحراري يرفع او ينخفض مستوى الزئبق وذلك برفع او خفض الجهه اليمنى من المانومتر الى ان يصل الزئبق الى المستوى المؤشر في الجهه اليسرى مثل غمر البصله في المحيط تسجل قراءة الزئبق في الجهه اليمنى من المانومتر.

ان الضغط المسلط على الغاز في هذه الحالة يكون مساوياً للضغط الجوي + ضغط عامود الزئبق الذي يساوي pgh حيث P كثافة الزئبق و g التعجيل الارضي و h ارتفاع الزئبق



هناك اسباب تؤدي الى عدم دقة قراءة هذا المحرار اهمها:

1- تمدد وتقلص البصله الذي يسبب تغير حجم الغاز المحصور بداخلها اذ غالباً مايتم اهمال تمدد البصله.

2- الاختلاف الحاصل بين درجتي الحرارة للغاز المحصور في البصلة والغاز المحصور في الانبوبة الشعرية الموصلة الى المانومتر.

ولاجل ايجاد قيمة درجة الحرارة باستخدام هذا المحرار نستخدم المعادلة التالية

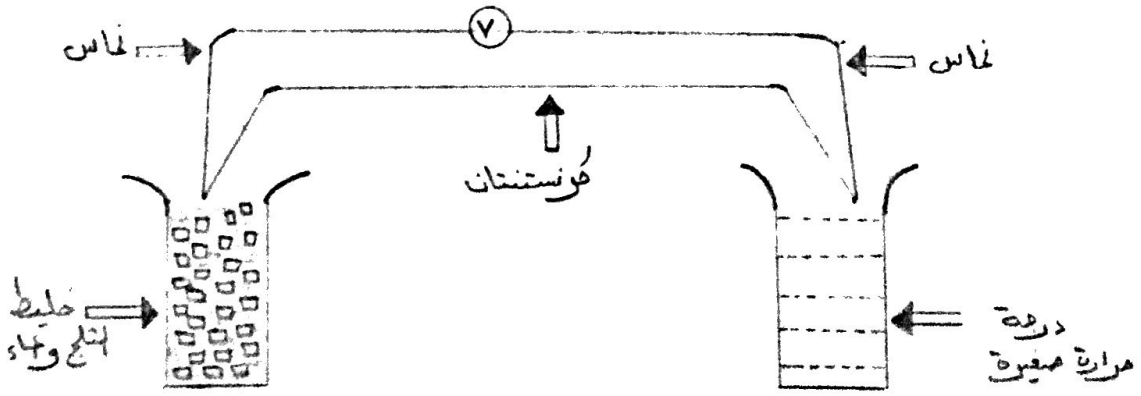
$$T(p) = 273.16\frac{P}{P0}$$

3-4-1 محرار المزدوج الحراري:

يتكون محرار المزدوج الحراري من سلكين مصنوعين من مادتين مختلفتين كالنحاس والكونستنتان او النحاس والحديد او البلاتين والراديوم وغيرها يتصل السلكان اتصالاً جيداً في نهايتيهما فقط، ان اساس عمل هذا المحرار يعتمد على توليد القوة الدافعه الكهربائية نتيجة لاختلاف درجتي الحراره النهايتين المتصلتين. ان قيمة القوة الدافعة الكهربائية المتولده تعتمد على عدة عوامل منها

1- مقدار الفرق بين درجتي الحرارة لنهايتي المزدوج الحراري

2- نوع المواد المصنوع منها المزدوج الحراري.



(٢)

يتم تدريج المحرار بوضع احدى نقطتي الاتصال في خليط الجليد والماء وتبقى ثابته والنقطة الاخرى توضع سائل ثم تغير درجة الحرارة وتقرأ قيمة القوه الدافعة الكهربائية بواسطة فولتميتر

من مميزات المحرار المزدوج الحراري:

1- سرعة الوصول الى حالة التوازن الحراري مع الجسم المراد قياس درجة حرارته وذلك لانخفاض سعته الحرارية.

2- المدى الواسع لدرجات الحرارة التي يمكن قياسها من (1500°C -225°C).

3- صغر حجمة ودقته العالية.

4- يستخدم كثيراً في مجال الصناعة والمجالات التي تتطلب تحديد موضعي (نقطي) لدرجة الحرارة وتعاني تغيراً سريعاً في درجات الحرارة.

4-4-1 محرار المقاومة الكهربائية:

يتكون من سلك من مادة البلاتين ملفوف بصورة مزدوجة حول مادة عازلة كهربائياً يوضع في انبوبة مصنعه من مادة جيدة التوصيل الكهربائي كالفضه او النحاس للمحافظه عليه من التاثيرات الخارجية وتستخدم مقاومة السلك الكهربائية كخاصية محرارية يتم قياسها والاستدلال على درجة الحرارة. وقد وجد ان العلاقة بين المقاومة الكهربائية للسلك المعدني ودرجة الحرارة علاقة غير خطية في مديات الحرارة المختلفة.

يستخدم هذا النوع من المحارير في درجات الحرارة الواطئه ومن مميزاته:

1- يستخدم لمديات واسعة من درجات الحرارة (من 200°C - 1000°C).

2- دقيق جداً ويفيد في التغيرات البطيئه لدرجات الحرارة.

ولكنه لايكون كفوء في قياس تغيرات درجات الحرارة السريعة وذلك لحاجته الى وقت كافي للوصول الى حالة التوازن الحراري بسبب ان سعته الحرارية عالية

ويمكن كتابة المعادلة (1) بالصيغة التالية.

$$\propto = \frac{\Delta L/L^\circ}{\Delta T}$$

$$\therefore \Delta L = L_T - L^\circ$$

$$\therefore L^\circ = L^\circ(1+\propto \Delta T) \quad .....(2)$$

ان وحدة معامل التمدد الطولي هي مقلوب درجة الحرارة اي K^{-1} ، $^\circ C^{-1}$ ، $^\circ F^{-1}$

1-6-2 التمدد السطحي:

ان تغير مساحة السطوح مع تغير درجة حرارتها يعرف بالتمدد السطحي او تمدد المساحة ويعرف معامل التمدد السطحي (β) على انه مقدر الزيادة في المساحة لوحدة المساحة عند ارتفاع درجة الحرارة درجة حرارية واحدة

وتعطى قيمة (β) بالعلاقة:

$$\beta = \frac{\Delta A/A^\circ}{\Delta T} ..... (3)$$

$$A=A^\circ(1+\beta \Delta T).....(4)$$

حيث تمثل A°، A المساحة الاصلية والمساحة الجديدة عند درجتا الحرارة T°، T على التعاقب. ان وحدة β K^{-1} ، $^\circ C^{-1}$ ، $^\circ F^{-1}$.

ان معامل التمدد السطحي يساوي ضعف معامل التمدد الطولي اي

$$\beta = 2 \propto .....(5)$$

متجانسة الخواص.

1-6 التمدد الحجمي Volume Expansion (γ)

ان حجم المادة يتغير اذا تغيرت درجة الحرارة بنفس طريقة التمدد الطولي والتمدد السطحي.

ويعرف معامل التمدد الحجمي (γ) على انه التغير النسبي في حجم المادة الصلبة نتيجة لتغير درجة حرارتها درجة واحدة. ان معامل التمدد الحجمي يعطى بالمعادلة الاتية

$$\gamma = \frac{\Delta V / V_0}{\Delta T} \quad \text{---} (6)$$

ان حجم المادة الجديد يساوي

$$V = V_0(1 + \gamma \Delta T) \quad \text{---} (7)$$

وعلى البرهنة على ان معامل التمدد الحجمي يساوي تقريبا" ثلاثة امثال التمدد الطولي α

$$\gamma = 3\alpha \quad \text{---} (8)$$

ويعود ذلك الى ان الجسم المتجانس يتمدد في ابعاده الثلاثة بالمقادير نفسها اي انه يتمدد باتجاه الطول والعرض والارتفاع.

1-7 تمدد السوائل Expansion of Liquids

من المعروف ان السوائل (الموائع بصورة عامة) لا تمتلك شكلا محددا" ولذلك فان التمدد الحراري الاهم فيها هو تمددها الحجمي حيث يتغير حجم السائل عندما تتغير درجة حرارته. ان معامل التمدد الحجمي للسوائل ψ يساوي

$$\psi = \frac{\Delta V / V_0}{\Delta T} \quad \text{---} (9)$$

حيث تمثل V_0 حجم السائل الاصلي و ΔV مقدار التغير في الحجم.

يزداد حجم السائل اذا ارتفعت درجة حرارتها. وشذ عن هذه القاعدة بعض السوائل مثل الماء الذي يقل حجمه (ينكمش) اذا ارتفعت درجة حرارتها عن ٤ـ٥ °ج اما بعد هذه الدرجة فان الماء يسلك سلوكا طبيعيا اي يزداد حجمه بزيادة درجة الحرارة.

8-1 تمدد الغازات: Expansion of Gases (Φ)

يتغير حجم الغاز تغيرا "كبيرا" اذا تغيرت درجة حرارته عند ثبوت الضغط المسلط عليه، ان قيمة معامل التمدد الحجمي للغازات تكاد تكون ثابتة تقريبا" اذ تبلغ (3.66×10^{-3}) لكل درجة حرارية، ويزيد قليلا" عن هذه القيمة لبعض الغازات وعليه الحصول على معامل التمدد الحجمي للغاز Φ من المعادلة الاتية

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

اذ ان V_0 حجم كتلة معينة من غاز عند درجة حرارة ٠°ج، اما الاشارة الى حجم الغاز عند درجة حرارة ٠°ج ضرورية جدا" لان معامل التمدد الحجمي للغاز كبير جدا" اذا كانت V_1، V_2 تمثلان حجم الغاز عند درجتي الحرارة T_1، T_2 على التوالي فانه لايصح تطبيق العلاقة الاتية

$$V_2 = V_1 [1 + \Phi (T_2 - T_1)]$$

بل يجب الاشارة في الحجم V_1، V_2 فيما اذا كان الحجم V_0 عند درجة الحرارة ٠°ج وكما يأتي:

$$V_2 = V_0 (1 + \varphi T_2) \quad \text{—} ②$$

$$V_1 = V_0 (1 + \varphi T_1) \quad \text{—} ①$$

وبقسمة المعادلة ② على ① نحصل على

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{1 + \varphi T_2}{1 + \varphi T_1}$$

وقد وجد عمليا" ان معامل التمدد الحجمي للغاز يكافئ (1/273).
وهو ما يعرف بقانون جاي لوساك الذي ينص على:
ان حجم كتلة معينة من غاز محفوظ تحت ضغط ثابت يزداد بنسبة ثابتة تعادل (1/273) من حجمه عند درجة حرارة 0°C لكل زيادة في درجة حرارته درجة حرارية واحدة.
اذ هذا القانون يعني ان حجم الغاز سيصبح صفرا" عند درجة حرارة -273°C. اما اذا حجم الغاز ان تتحول الى الحالة السائلة قبل وصولها الى الحد درجة حرارة -273°C اي درجة حرارة الصفر المطلق. وهذا يعني ان قانون جاي لوساك لا يصح تطبيقه عند درجات الحرارة القريبة.

امثلة/

① حول درجات الحرارة الاتية الى ما يقابلها
1- 70°C الى مقياسها الفهرنهايتي والكلفني
2- 150 K الى مقياسها السليزي والفهرنهايتي

الحل/
اولا" باستخدام المعادلة الاتية

$$F = \frac{9}{5} C + 32 \Rightarrow \frac{9}{5} \times 7 + 32 = 158\,^{\circ}F$$

واستخدام المعادلة الاتية

$$K = C + 273 \Rightarrow 70 + 273 = 343\ K$$

ثانيا" باستخدام المعادلة الاتية

$$C = K - 273 \Rightarrow 150 - 273 = -123\,^{\circ}C$$

وباستخدام المعادلة الآتية

$$F = \frac{9}{5}(K - 273) + 32$$

$$F = \frac{9}{5}(150 - 273) + 32$$

$$= \frac{9}{5} \times (-93) + 32$$

$$= -189.4\ ^\circ F$$

② يمكن التعبير عن العلاقة بين الدرجة السليزية والفهرنهايت كالآتي المعادلة الآتية

$$^\circ C = aF + b$$

حدد قيم الثوابت a ، b

الحل/ درجة حرارة انجماد الماء تحت الظروف الاعتيادية تساوي

$0^\circ C$ وتساوي $32^\circ F$

درجة حرارة غليان الماء تحت الظروف الاعتيادية تساوي $100^\circ C$

وتساوي $212^\circ F$

وبما ان

$$^\circ C = aF + b$$

نعوض عن درجة غليان وانجماد الماء في المعادلة فنحصل على

$$0 = 32a + b \quad \text{—①}$$

$$100 = 212a + b \quad \text{—②}$$

وبطرح معادلة ① من ② نحصل على

$$100 = 180a$$

$$a = \frac{100}{180} = \frac{5}{9}$$

وبالتعويض عن قيمة a في معادلة ① نحصل على

$$b = \frac{5}{9}(32)$$

وبالتعويض في كل من a و b في المعادلة العامة نحصل على

$$C = \frac{5}{9}F - \frac{5}{9}(32)$$

$$C = \frac{5}{9}(F - 32)$$

مثال/ جد مقدار التمدد في طول قضيب من الفاس طوله (2m) اذا تغيرت درجة حرارته من 20°C الى 30° اكل/

$$\Delta T = 30 - 20 = 10°C = 10K \qquad L_o = 2m$$
$$\alpha = 1.7 \times 10^{-4} K^{-1} \qquad T_o = 20$$
$$T_1 = 30$$

$$\Delta L = L - L_o = L_o \alpha \Delta T$$
$$= (2m)(1.7 \times 10^{-4} K^{-1})(10K)$$
$$= 34 \times 10^{-4} m$$
$$\Delta L = 3.4 mm$$

مثال: جد كمية الماء التي ستسكب من وعاء نحاسي سعته $250 cm^3$ مملوء تماما بالماء اذا تغيرت درجة حرارته من (25°C) الى (65°C)

الحل/ عند تغير درجة الحرارة من (25°C - 65°C) فان كلا من الوعاء النحاسي والماء سوف يتمددان. ان مقدار الماء الذي سوف يسكب سيكون مساويا" الى الفرق بين حجم الماء والوعاء الذي يحتويه

$$\Delta T = 65°C - 25°C = 40°C$$

التغير في حجم الوعاء الزجاجي فانه يساوي

$$\Delta V_g = \gamma_g V_0 \Delta T$$

$$= 9 \times 10^{-6} \times 250 \times 40^{\circ}C = 0.09\ cm^3$$

التغير في حجم الماء ΔV_w سيكون مساويا الى

$$\Delta V_w = \gamma_w V_0 \Delta T$$

$$= 21 \times 10^{-5} \times 250 \times 40 = 2.1\ cm^3$$

وعليه فان حجم الماء المسكوب سيكون مساويا الى

$$\Delta W_w = \Delta V_g = 2.1 - 0.09 = 2.1\ cm^3$$

٤-١ اليات انتقال الحرارة : Mechanism of Heat Transfer

تنتقل الحرارة من مكان الى اخر باحد الطرق الرئيسيه الثلاثه :

١ طريقه التوصيل : Conduction method

من المعروف انه ~~اذا~~ اذا تلامس جسمان فان الحرارة تنتقل من الجسم الساخن الى الجسم الاقل حرارة ويتوقف انتقال الحرارة بين الجسمين عندما تتساوى درجتا حرارتهما وتحقق التوازن الحراري ان انتقال الحرارة بين الاجسام يعني انتقال الطاقة الحرارية من الجزء الساخن الى الجزء البارد فاذا عرفنا ان الحركة الاهتزازية لجسيمات المادة تمثل معظم الطاقة الحرارية في المادة فان جسيمات الجزء الساخن تكون ذات سعة اهتزازية اكبر من جزيئات الجزء البارد ونتيجة التصادم بين هذه الجسيمات والجسيمات المجاورة تنتقل اليها جزءا من طاقتها الحرارية اي تزداد سعة اهتزازها وهذه بدورها تعمل على نقل الطاقة الحرارية بالتصادم الى الجسيمات المجاورة وهكذا تستمر العملية الى ان تكتسب جميع الجسيمات نفس معدل الطاقة الحرارية وعندها يتوقف انتقال الحرارة .

ان انتقال الحرارة في الاجسام الصلبة تسمى بالتوصيل وتكون المعادن جيدة التوصيل الحراري وبصورة عامة تكون الموصلات الجيدة للتوصيليه الكهربائية موصلات حرارية جيدة لان الالكترونات الطليقة تتحرك بحرية تامة تقريبا خلال المعادن حاملة معها الحرارة الى اجزاء المعدن المختلفة .

الموضوع : التاريخ / / ٢٠١

٢ طريقة الحمل : Convection method

يعرف الحمل على انه طريقة انتقال الحرارة فيها ذرات او جزيئات المادة خلال السوائل والغازات وذلك بحركة مادة الوسط نفسها من مكان الى آخر على عكس حركة جزيئات المادة الصلبة خلال عملية التوصيل الحراري والتي لا تتضمن حركة الجزيئات من مكان الى آخر او تنتقل الحرارة من جزيء الى آخر بالتصادم، ومن الامثلة على انتقال الحرارة بطريقة الحمل تدفئة الغرف في الشتاء بواسطة المدفئات او جهاز تسخين الماء، اذ تمتص جزيئات الهواء او السائل كمية من الحرارة من الجزء الساخن فيتمدد الهواء او السائل فتقل كثافته فينتقل الى الاعلى لتمتزج هذه الجزيئات مع جزيئات السائل او الهواء الاقل طاقة حرارية وتكسبها كمية من الحرارة التي امتصتها.

ان انتقال المادة (غاز او سائل) من المنطقة ذات الدرجة الحرارية العالية الى المنطقة ذات الدرجة الحرارية الواطئة (الاقل) يولد تيارا يسمى تيار الحمل الحراري (Convection Current) الذي يعرف على انه كمية الحرارة المكتسبة او المفقودة من قبل السطح الملامس للغاز او السائل خلال وحدة الزمن.

واعتمادا على الطريقة التي يتولد بها تيار الحمل فانه يكون بصورة عامة على نوعين:

١ تيار الحمل الطبيعي: Natural Convection current
اذا كان ناتجا عن تغير كثافة الوسط

٢ تيار الحمل الاضطراري: Forced Convection Current
او اذا كان ناتجا عن تأثير اصطناعي كاستخدام المروحة او المضخة او غيرها.

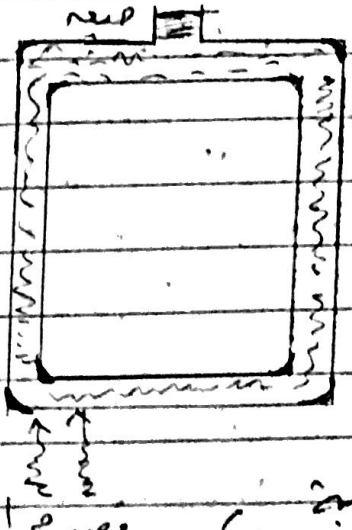
وتعد طريقة الحمل من الطرق الفعالة لانتقال الحرارة وتشكيل تيارات الحمل الهوائية في المناطق الساحلية والجبلية وكذلك في المناطق الصحراوية.

ان عملية تصدر او اكتساب الحرارة من الاجسام الملامسة للمائع غاز او سائل عملية معقدة رياضيا" وتعتمد على كثير من العوامل مثل شكل السطح وكثافة المائع ولزوجيته وعلى عوامل اخرى يمكن تعريف معامل الحمل الحراري Convection Coefficient (h) حسب المعادلة الاتية

$$h = \frac{He}{A \Delta T}$$

اذ تمثل He تيار الحمل الحراري و A المساحة و ΔT الفرق بين درجة حرارة السطح والمائع. ان المعادلة اعلاه تدل على ان (h) تعتمد على الفرق في درجات الحرارة وعليه يجب تعيين قيمتها لكل حالة من الحالات.

يمكن اجراء تجربة بسيطة توضح ظاهرة الحمل فلو اخذنا انبوب كما موضح بالشكل وملأناه بالماء.



ووضعنا قليل من الصبغة قرب نهايته عند الفتحتين عند تسخين الانبوب بالطريقة المبينة بجدار السائل سيبدأ بالدوران خلال الانبوبة فالماء" مع الصبغة وبعد فترة من الزمن نجد ان الصبغة قد انتشرت في جميع انحاء السائل هما يدلان على انتقال جزيئات السائل خلال الانبوبة ودورانها هو سبب هذا الدوران والحركة يعود الى تمدد السائل وثقل كثافته عند التسخين فيتجه

اخف من باقي السائل ولهذا يحدث انتقال تيار الضغط
[illegible] من العمودين الساخن والبارد فيرتفع
السائل في الطرف الساخن وينخفض في الطرف الاقل
حرارة عموديا" الى ان يسخن السائل وبدوره
وبذلك تنتقل الحرارة خلال حركة السائل الى الاماكن
البعيدة عن الطرف الساخن ونفس الشيء يحدث
من انتقال الحرارة خلال الغاز او الهواء.
واعتمادا" على طريقة انتقال الحرارة بالحمل تصمم الاجهزة
في انظمة التدفئة حيث تسخن الهواء البارد او السائل
البارد بالهودة الى المصدر الحراري لاكمال الدورة.

3 طريقة الاشعاع: Radiation method

يتم انتقال الحرارة خلال الفضاء بطريقة الاشعاع، ويقصد
بالاشعاع ايضا" الانبعاث المتواصل للطاقة من سطوح الاجسام
المختلفة الى الاجسام الاخرى، والتي درجة حرارية
ان الاشعاع الحراري هو طاقة كهرومغناطيسية تنبعث
من الاجسام الساخنة وتنتقل بسرعة الضوء خلال الفضاء،
فتنعكس جزء من هذه الطاقة وتمتص الجزء الاخر من قبل
الاجسام التي تسقط عليها.
ان امتصاص الاشعة الكهرومغناطيسية يؤدي الى
تحولها الى طاقة حرارية وسترتفع حرارة الجسم.

لو فرضنا ان جزء الطاقة التي تمتص من قبل الجسم يساوي
(a) والجزء الذي ينعكس منها يساوي (r) فان

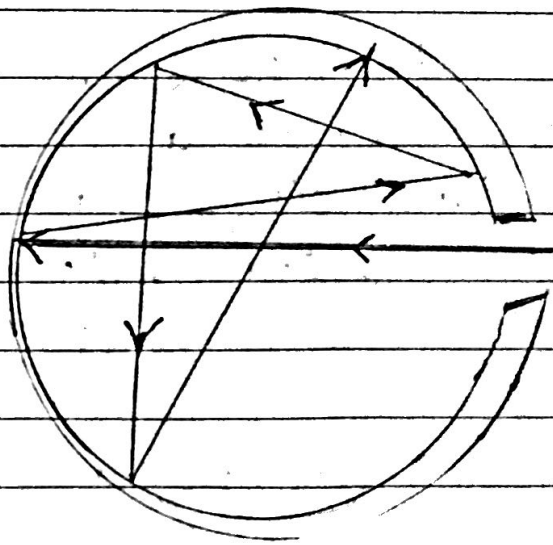
$$a + r = 1 \quad \text{---} ①$$

وفي حالة التوازن الحراري التي تبقى درجة حرارة الجسم ثابتة فإن الجسم يشع كمية من الطاقة الحرارية مساوية الى الكمية التي يمتصها أي ان قابليته الاشعاعية (emissivity) (e) تساوي قابليته الامتصاصية (a) في حالة التوازن الحراري يلوح

$$a = e$$

وتعتمد كل من القابلية الاشعاعية والقابلية الامتصاصية على طبيعة الجسم وعلى طول الموجة الكهرومغناطيسية الساقطة.

ويطلق على الجسم الذي يمتص جميع الاشعاع الساقط عليه بالجسم الاسود (Black Body) ويمثل هذا الجسم تجويف معزول حراريا ذات فتحة صغيرة لدخول الاشعاع الذي يعاني انعكاسات متتالية عن السطح الداخلي للتجويف وتصمم التجويف بحيث تضيع فرص الاشعاع من الفتحة ضئيلة جدا كما في الشكل



من المؤكد ان الجسم الاسود مشع جيد للحرارة مثلما هو ماص جيد للحرارة واشعاعية الجسم الاسود تكون أكبر من

انتقال سيئ الاجسام الاخرى وبصورة عامة تكون الاجسام ذات الامتصاصية الحرارية الجيدة مشعات حرارية جيدة

ان كمية الاشعاع الحراري التي تنبعث من وحدة المساحة من سطح اسود في الثانية الواحدة تعطى بالعلاقة الاتية

$$R = \sigma T^4 \quad \text{---} \quad *$$

اذ ان R تمثل كمية الاشعاع الحراري

T درجة حرارة الجسم المشع بالدرجة الكلفنية

σ تمثل كمية ثابتة قيمتها تساوي

$$\sigma = 5.57 * 10^{-8} \text{ Joule/m}^2\text{.sec.k}^4$$

ويطلق على العلاقة * قانون ستيفان - بولتزمان Stefan–Boltzman Law

ويمكن اعادة كتابة قانون ستيفان بولتزمان للجسم غير الاسود بالصيغة الاتية

$$R = e\sigma T^4$$

حيث e تمثل القابلية الاشعاعية للجسم

a تمثل القابلية الامتصاصية للجسم

اما كمية الحرارة المنبعثة (ΔQ) من الجسم الساخن الى الاجسام الاخرى الاقل درجة حرارة فانه يمكن كتابتها كما في الصيغة التالية

$$\Delta Q = \sigma A (T_1^4 - T_0^4) t$$

اذ تمثل t الزمن بالثانية

وتعرف هذه المعادلة بقانون ستيفان ومن شروط استخدام هذا القانون هو ان تكون كل من T_1 و T_0 مقاسة بالدرجات الكلفنية والفرق بينهما ليس قليل .

مثال: جسم كروي مثالي اسود نصف قطره 5cm ودرجة حرارته 100°c وضع في صندوق مفرغ من الهواء ودرجة حرارة جدرانه 75°c. جد المعدل الذي يجب ان يزود به الطاقة للجسم الكروي حتى يبقى محافظاً على درجة حرارته.

Solu:

كمية الطاقة الحرارية التي يشعها الجسم الكروي خلال الثانية الواحدة تساوي W_1 إذ ان

$$W_1 = AR_1$$
$$= A\sigma T_1^4$$

اذ ان A تمثل مساحة الكرة والمعادلة هي

$$A = 4\pi r^2$$

$$A = 4\pi(5)^2 = 100\pi \ cm^2$$

$$T_1 = 100 + 273 = 373 \ k$$

$$T_2 = 75 + 273 = 348 \ k$$

$$W_1 = 100\pi\sigma(373)^4 \ watt$$

اما كمية الطاقة التي يمتصها الجسم الكروي والمشعة من قبل الصندوق خلال الثانية الواحدة تساوي W_2 اذ ان:

$$W_2 = AR_2 = A\sigma T_2^4$$
$$= 100\pi\sigma(348)^4 \ watt$$

ان معدل الطاقة الحرارية التي يزود بها الجسم الكربي تكون مساوية الى الفرق بين W_1 و W_2 اي ان :

$$W_1 - W_2 = 100\pi\sigma(373^4 - 348^4)$$

$$= 100 * 3.14 * 5.57 * 10^{-8} * (4.69064 * 10^9)$$

$$= 8.204 * 10^4 \text{ J/sec} .$$

الفصل الثاني

الحرارة وتأثيراتها Heat and its Effects

ان عملية رفع درجة حرارة المادة يعني تزويدها بالطاقة الحرارية اما عملية خفض درجة حرارة المادة او تبريدها يعني كسب مقدار من الطاقة الحرارية. ان كمية الطاقة الحرارية التي يجهزها او تكسبها من المادة تعتمد على عدة عوامل منها:

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

اما في عمليات الغليان والانصهار والتسامي التي تمر بها المواد فان كمية من الطاقة الحرارية سوف تمتص دون ان تسبب اية زيادة في درجة الحرارة للمادة. وفي حالة عمليات التكاثف والانجماد فان مقدار من الطاقة الحرارية سوف ينفرد مع ثبات درجة حرارة المادة ثابتة.

2-1 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 حالات المادة وعمليات التبادل الحراري باستخدام قانون حفظ الطاقة

كمية الحرارة المفقودة = كمية الحرارة المكتسبة

وهناك نقاط مهمة يجب مراعاتها عند القيام بحل اية مسألة تخص كمية الحرارة المفقودة او المكتسبة من قبل المادة في كل الحالات الآتية

الحالة الاولى: حالة تغير درجة حرارة المادة.

ان كمية الحرارة (Q) التي تكتسبها او تفقدها المادة

خلال عملية التسخين او التبريد لغرض رفع او خفض درجة حرارتها فقط دون حصول عملية تغير في حالة المادة تعطى بالعلاقة

$$Q = mC\Delta T \quad \text{---} (1)$$

اذ ان C تمثل الحرارة النوعية للمادة و ΔT مقدار التغير في درجة حرارة المادة و m تمثل كتلة المادة

الحالة الثانية: حالة تغير حالة المادة

ان كمية الحرارة (Q) التي يجب تزويدها للمادة خلال تحول حالة المادة كالغليان او الانصهار او التسامي او التي يجب سحبها من المادة خلال عملية الانجماد او التكاثف دون ان تسبب زيادة او نقصان في درجة حرارة المادة تعطى بالعلاقة

$$Q = mL \quad \text{---} (2)$$

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

المكافئ الميكانيكي للحرارة The Mechanical Equivalent of Heat (J)

ان الحرارة تمثل شكل من اشكال الطاقة يمكن تحويلها الى طاقة ميكانيكية وبالعكس وعند تطبيقنا تحويل الحرارة الى شغل الماكنة البخارية. وبما ان الحرارة شكل من اشكال الطاقة وحدة قياسها هي السعرة او الكيلو سعرة عليه يمكن تحويل وحدتها الى وحدة الطاقة الجول ان عامل التحويل من الطاقة الحرارية والطاقة الميكانيكية يسمى المكافئ الميكانيكي للحرارة The Mechanical equivalent of heat (J)

وعند التجارب المشهورة التي قياس هذه الكمية تجربة العالم جول الذي اوجد العلاقة المشهورة بين الشغل والطاقة الحرارية وحسب المعادلة التالية

$W = JQ$

اي ان الطاقة الميكانيكية يمكن ان تتحول الى طاقة حرارية والعكس وان افضل فيه لمكافئ التحويل

1 Calori = 4.186 J

1 Kcalori = 4186 Joule.

2-2 الحرارة النوعية للمواد Specific Heat of Materials (C)

لرفع درجة حرارة مادة ما يجب ان تزداد طاقتها الداخلية وبالعكس اذا اريد خفض درجة حرارة المادة يجب خفض طاقتها الداخلية. ان عملية رفع او خفض الطاقة الداخلية لجزيئات المادة تتم بالسماح للطاقة الحرارية بالانسياب الى او من المادة على التوالي.

تعرف السعة الحرارية النوعية للمادة بانها كمية الحرارة التي يجب ان تكتسب او تفقد وحدة الكتلة من المادة لتغير درجة حرارتها لمقدار درجة واحدة. ويرمز للسعة الحرارية النوعية (C) وتقرأ اختصارا " الحرارة النوعية ".

وتعرف بانها

$$C = \frac{\Delta Q}{m \Delta T}$$

اذ ان (ΔQ) تمثل كمية الحرارة التي تزود بها كتلة مقدارها

(١٨) تتغير درجة حرارتها بمقدار (ΔT) درجة حرارة.

ان وحدة قياس الحرارة النوعية هي الجول/كغم. درجة كلفنية ($J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$) او جول/غم. درجة كلفنية $J/g \cdot K$
او جول/مول. درجة كلفنية $J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$
او سعرة/غم. درجة كلفنية $Cal \cdot g^{-1} \cdot K^{-1}$

تعتمد الحرارة النوعية اعتمادا كبيرا على درجة الحرارة وعليه يجب ذكر درجة الحرارة عند اعطاء قيمة الحرارة النوعية لمادة ما. ان الحرارة النوعية للماء عند درجة حرارة الغرفة تساوي

$$C_{water} = 4.2 \times 10^3 \, J/kg \cdot K$$

$$= 4.2 \, J \cdot g^{-1} K^{-1}$$

$$= 1 \, Cal \, g^{-1} K^{-1}$$

تتناقص السعة الحرارية والحرارة النوعية لجميع المواد بانخفاض درجة الحرارة وتصل الى قيمة الصفر عند درجة حرارة الصفر المطلق.

وتعرف السعة الحرارية على انها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة مادة ما درجة حرارية واحدة وتقاس بوحدة الجول/درجة كلفنية وترتبط السعة الحرارية للمادة مع الحرارة النوعية لها بالعلاقة الاتية:

السعة الحرارية = الكتلة × الحرارة النوعية

2-2 تحولات حالات المادة : The state Transformation

نطلق على العمليات التي تتغير فيها حالة المادة بعلبة التغير في الطور. فمثلا حدث تغير في طور الماء المعبئ عند انصهارها وكذلك حدث تغير في طور السائل عند غليانه وتحوله الى الحالة الغازية (طور البخار) ولكي يحدث التغير في الطور يجب اضافة الحرارة. ولكن على الرغم من اضافة الحرارة الى المادة فان درجة حرارتها لا ترتفع وهذا يعني ان الطاقة الداخلية للمادة هي التي تتغير عندما تتحول المادة من طور الى اخر. فمثلا على ذلك فان للماء الداخلية لجزيئات الماء في الثلج هي اقل من الطاقة الداخلية لها في الماء السائل والطاقة الداخلية لجزيئات الماء في بخار الماء اكبر من طاقتها الداخلية بعد ان تتكاثف وتصبح ماء سائلا".

وسنتناول بعضا من الامثلة تغير المادة كالتبخر والغليان والانصهار والانجماد وغيرها.

2-3 التبخر : The Evaporation

اذا وضع سائل في وعاء فانه يتبخر اي تتحول بعض جزيئاته من الحالة السائلة الى الحالة الغازية وذلك لان له طاقة جميع جزيئاته ليست متساوية وتكون طاقة بعض الجزيئات اكبر كثيرا من المتوسط فاذا حاول ان كانت هذه الجزيئات قريبة من سطح السائل فان لها القابلية على الهرب وترك السائل وبذلك تتم عملية التبخر اي عملية هروب جزيئات السائل تؤدي الى نقص في متوسط الطاقة الداخلية للجزيئات الباقية والسبب في ذلك يعود الى ان الجزيئات المتبقية تسلب طاقة السائل

وهذا يعني ان عملية التبخير هي العملية التي نريد ونستخدم اساساً في معظم الاجهزة التي نريد ان نؤدي الى حفظ درجة حرارة السائل وخفض طاقته الداخلية.
وهنا يمكن تعريف الحرارة الكامنة للتبخير على انها كمية الحرارة اللازمة لفصل جزيئات السائل عن بعضها البعض وتحويلها من طور السيولة الى طور الغاز (البخار) تحت ضغط ثابت ودرجة حرارة ثابتة وهي تعتبر الكمية من الحرارة التي تتحرر عندما يتكاثف البخار اي تتحول جزيئات الغاز (البخار) من طور البخار الى طور السيولة.
ان الحرارة الكامنة للتبخير تتناسب عكسيا مع تغير درجة الحرارة اي انها تقل كلما ارتفعت درجة الحرارة

ان وحدة قياس الحرارة الكامنة للتبخير تختص السعرة لكل غرام (cal/g) او الجول لكل غرام (J/g) وفي النظام الدولي (SI) تستخدم وحدة الجول لكل كيلو غرام من الماء (J/kg)
اذا وضع سائل ما وعاء مغلق مفرغ من الهواء فان جزيئات السائل سوف تتبخر الى الفراغ الموجود فوق سطح السائل كما تعود بعض جزيئات البخار وتصطدم بسطح السائل وتعود اليه وتستمر هذه العملية الى ان تحصل حالة التوازن، وهي الحالة التي تتساوى فيها عدد الجزيئات التي تترك السائل خلال زمن معين مع الجزيئات التي تعود اليه من البخار في نفس الزمن وهذا يعني ان عدد جزيئات البخار سيبقى ثابت عند حد معين بشرط عدم تغير درجة حرارة النظام ويقال عندئذ بان البخار مشبعا تحت هذه الظروف ويطلق على ضغط الجزيئات في البخار تحت هذه

الشروط بفقط البخار للسائل الذي يزداد بارتفاع درجة الحرارة ويقل بانخفاضها.

2-4 الانصهار The Melting

تعرف الحرارة الكامنة للانصهار على أنها كمية الحرارة اللازمة لتحويل وحدة الكتلة من المادة من الحالة الصلبة الى الحالة السائلة تحت درجة حرارة ثابتة وضغط ثابت وبما ان الطاقة الداخلية للمادة في حالتها السائلة اعلى بكثير من طاقتها الداخلية في حالتها الصلبة فان المادة عند تحويلها من الحالة الصلبة الى الحالة السائلة تحتاج الى تزويدها بالطاقة الحرارية. ان وحدة قياس الحرارة الكامنة للانصهار هي السعرة لكل غرام اعتماد نظام (آ ك) فانها تساوي جول لكل كيلوغرام (J/kg) اما الحرارة الكامنة للانصهار الجليد في درجة حرارة الصفر السلزي هي ٨٠ سعرة/غم تحت الضغط الجوي الاعتيادي ان الطاقة الحرارية للجسم الصلب تعمل على مساعدة الجزيئات على التغلب على القوى التي تربطها مع الجزيئات الاخرى في التركيب الصلد وجعلها تتحرك بحرية اكبر عندما تكون المادة الصلبة عند تسخينها بالانصهار عند درجة حرارة معينة. وعند تسخين خليط المادة الصلبة مع السائل تبقى درجة حرارة الخليط ثابتة الى ان يكتمل انصهار المادة الصلبة ولكل مادة درجة حرارة انصهار نصية. وتختلف نفس الكمية من الحرارة من المادة عند تحولها من الحالة السائلة الى الحالة الصلبة عند نفس درجة الحرارة والضغط الجوي.

تتضمن الحرارة الكامنة لفرقا الجسم عند الجسم عند التعرق لكي يتبخر العرق وبذلك يتم تبريد الجسم.

The Boiling : الغليان

عندما تكتسب جزيئات داخل السائل طاقة تكفي لفصلها عن بقية الجزيئات وتكوين فقاعة صغيرة ان ضغط البخار داخل الفقاعة يعتمد على درجة الحرارة فاذا كانت درجة الحرارة اقل من درجة الغليان فان الضغط الجوي المسلط على السائل يكون اكبر من ضغط البخار داخل الفقاعة، وبناء على ذلك فان الفقاعة سوف تتلاشى تدريجيا قبل ان تجد الفرصة للنمو والوصول الى سطح السائل.

وعندما ترتفع درجة حرارة السائل يرتفع معها ضغط بخار السائل داخل الفقاعة وسوف يصل الى درجة حرارة معينة يتساوى عندها الضغط الجوي مع ضغط البخار داخل الفقاعة وعندها سوف تنمو الفقاعة، وتزداد حجمها كلما ارتفعت في وسط السائل. وتتكرر حدوث هذه الظاهرة في اماكن متفرقة كثيرة داخل السائل

وتعرف درجة الغليان بانها الدرجة الحرارية التي تتساوى عندها ضغط البخار داخل الفقاعة مع الضغط الجوي الخارجي المسلط على السائل.

ان انخفاض الضغط المسلط على السائل يؤدي الى انخفاض درجة الغليان والعكس صحيح.

ان الاستمرار في عملية الغليان يحتاج الى امداد السائل بالحرارة ولكن ترتفع درجة حرارة السائل اعلى من درجة الغليان مهما كانت كمية الحرارة التي يزود بها. تتكون الفقاعات بسهولة اكبر اذا كان السائل يحتوي على الشوائب كدقائق الغبار، فقاعات الهواء تتكون

اي يسخن السائل لنفس الكمية الحارة من درجة غليانه وسوف تكون النتائج كما يلي.

تغلي درجة غليان السوائل تحت الضغط الجوي الاعتيادي (القياسي) 760 mmHg او (1 atm) ان درجة غليان الماء تساوي 100°C تحت نفس الظروف او الحرارة الكامنة لتبخر الماء 539 cal/gm.

ان درجة غليان الماء في المدن الواقعة في الجبال تكون اقل من 100°C وذلك بسبب ان الضغط الجوي يقل كلما ابتعدنا عن مستوى سطح البحر. وهذا يفسر استخدام قدور الضغط لطهو الطعام.

* القانون الاول في الثرموداينمك The First Law of Thermodynamics.

لو تصورنا ان حجماً معيناً من غاز (V_1) في درجة حرارة T_1 وتحت ضغط P_1 موجود في وعاء ذي مكبس فاذا ضغطنا الغاز الى حجم V_2 وانخفضت درجة حرارته الى T_2 فان الضغط سيزداد الى P_2. ان الانتقال من الحالة الاولى (P_1, V_1, T_1) الى الحالة الجديدة (P_2, V_2, T_2) يمكن ان يتم بعدة طرق منها زيادة الضغط ثم خفض درجة الحرارة او خفض درجة الحرارة اولاً ثم زيادة الضغط المسلط على الغاز ثانياً. ان تمدد الغاز يتطلب انجاز شغل كما ان تبريد الغاز يتطلب كمية معينة من الحرارة منه، اي عليه انجاز الشغل وكمية معينة من الحرارة سوف يفقد من الطاقة الداخلية للغاز. ان العلاقة بين الكميات الثلاثة الشغل المنجز ΔW وكمية الحرارة ΔQ والتغير في الطاقة الداخلية هي

كما يأتي

$$\Delta E = \Delta Q - \Delta W \quad \text{——} \circ$$

ان اشارة ΔQ تكون موجبة اذا اضيفت الحرارة الى الغاز وسالبة اذا سحبت من الحرارة واشارة ΔW تكون موجبة اذا انجز الغاز شغلاً" وسالبة اذا انجز الشغل على الغاز وغرضها كان ترتيب العمليات التي يتعرض لها الغاز للحصول على الحالة الابتدائية (P_1, V_1, T_1) الى الحالة النهائية (P_2, V_2, T_2) فان صافي التغير في الطاقة الداخلية ΔE هو دائماً" نفسه اي ان كل من $\Delta Q, \Delta W$ تتغير ولكن مجموع تغير ΔQ و ΔW يكون ثابتاً".

وهذا هو جوهر القانون الاول للثرموداينمك والذي يعني ان الطاقة تكون دائماً" محفوظة اي لا يمكن استحداثها او فناءها ولكن يمكن تحويلها من شكل الى آخر.

ان مقدار التغير في ΔE يمكن ان يكون صفراً" في حالة التمدد الحر للغاز الذي تكون فيه $\Delta Q, \Delta W$ تساويان صفر وهذا يعني ان تغير الحجم لا يغير الطاقة اي ان طاقة الغاز ليست دالة حجمية بل ان الطاقة دالة لدرجة الحرارة فقط.

* تطبيقات على القانون الاول: Application of the First Law

ينطبق القانون الاول على جميع الانظمة سواء كانت حية او من الانظمة المألوفة لنا كجسم الانسان الذي يفقد طاقة داخلية باستمرار، اذ تفقد هذه الطاقة على شكل

حرارة يفقدها الجسم إلى المحيط وعمل الشغل الذي يبذله الجسم جزء من هذه الطاقة.
وبناءً على ما تقدم يمكن صياغة القانون الأول لنيابس الجسم كما يأتي:

الشغل المبذول + الحرارة المفقودة = النقص في الطاقة الداخلية

يمكن حساب الشغل الذي ينجزه نظام يتمدد ضد محيطه وبقيا ثبوت الضغط ثابتاً بينما تتغير الحجم من V_i إلى V_f من العلاقة الآتية

$$w = \int_{V_i}^{V_f} p\,dV$$

$$w = p\int_{V_i}^{V_f} dV$$

$$w = p(V_f - V_i)$$

وتسمى هذه العملية بالعملية الثابتة الضغط.

وعلى سبيل المثال يتحول السائل إلى بخار فيمتاج كمية حرارة (Q) تعطى بالعلاقة

$$Q = mL$$

حيث L هي الحرارة الكامنة للتبخر
إن هذه الحرارة ستؤدي إلى تغير الطاقة للنظام والتي تعطى بالعلاقة

$$\Delta U = U_2 - U_1$$

حيث U_1، U_2 الطاقة الداخلية للسائل والبخار على التوالي

وعند تطبيق القانون الاول للثرموداينمك على هذه العملية نحصل على الصيغة التالية

~~$\Delta U = U_2 - U_1$~~

$$Q = P(V_f - V_i) + (U_2 - U_1)$$

وعمل ايجاد التغير في الطاقة الداخلية للنظام يتكون من غرام واحد من الماء المقطر يتحول الى بخار تحت الضغط الجوي الاعتيادي في درجة حرارة $100^\circ C$ وكان حجم $1\ cm^3$ من الماء المقطر يشغل $1671\ cm^3$ في حالة البخار تحت نفس الضغط والحرارة اذا كانت الحرارة الكامنة للتبخير $540\ cal/g$

$$Q = mL$$
$$= 1 * 540$$
$$Q = 540\ cal$$

$$W = P(V_f - V_i)$$
$$= 1 * 10^5 (1671 - 1) * 10^{-6}$$
$$= 167\ Joul$$
$$= 167 / 4.2$$
$$= 40\ cal$$

وعليه فان الزيادة في الطاقة الداخلية للنظام تكون مساوية الى ΔU اي ان

$$\Delta U = U_2 - U_1 = Q - P(V_f - V_i)$$
$$= 540 - 40$$
$$= 500\ cal$$

3y

وهذا يعني ان 40 سعرة تصرف كشغل مفيد للتغلب على الضغط الجوي و 500 cal تصرف للتغلب على قوة الترابط بين جزيئات المادة لفصلها وتحولها الى بخار .