المركز البحثي	مركز بحوث المواد النانوية
القسم	قسم التطبيقات النانوية
المادة باللغة الانجليزية	Thermodynamics
المادة باللغة العربية	الثرموديناميك
المرحلة الدراسية	الثانية
اسم التدريسي	عمر صلاح الدين شوقي
عنوان المحاضرة باللغة الانجليزية	temperature measuring devices
عنوان المحاضرة باللغة العربية	اجهزة قياس درجة الحرارة
رقم المحاضرة	الثالثة
المصادر والمراجع	Review of temperature measurement Crossref DOI link: https://doi.org/10.1063/1.1305516 Published Print: 2000-08-01 Update policy: https://doi.org/10.1063/aip-crossmark-policy-page

القانون الصفري في الثرموداينمك Zero Law in Thermodynamics:

عندما يتوازن حرارياً جسمان كل على انفراد مع جسم ثالث فإن الجسمان يكونان في حالة توازن حراري مع بعضهما البعض، ويدعى هذا القانون بالقانون الصفري في الثرموداينمك ويحدد شرط تساوي درجات الحرارة ولكنه لا يحدد رقمياً مقدار درجة الحرارة، فمثلاً لمعرفة فيما اذا كانت درجة الحرارة لسائلين في إناءين منفصلين متساوية ام لا؛ فيمكن وضع جسم ثالث على شكل عمود زئبق داخل انبوبة زجاجية مغلقة الطرفين في السائل الاول، وبعد مرور فترة ستثبت خواص هذا الجسم فيصبح متوازن حرارياً مع السائل الاول اي ان درجة حرارته هي نفس درجة حرارة السائل الاول، واسهل خاصية يمكن ملاحظتها للجسم الثالث هي طول عمود الزئبق، ثم يرفع الجسم الثالث عمود الزئبق ويوضع في السائل الثاني فتعاد العملية واذا كان طول عمود الزئبق مساوياً لما كان عليه في السائل الاول فإن درجة حرارة السائلين تكون متساوية.

اجهزة قياس درجة الحرارة Temperature Measuring Devices

ان الفكرة الاساسية لمقاييس درجة الحرارة المحرار تعتمد على تغير الخواص الفيزيائية للمواد مع تغير درجة الحرارة ومنها:

١- التغير في الطول والحجم او الضغط مثل المحرار الطبي الزئبقي والمحرار الغازي ذو الحجم الثابت.
٢- التغير الكهربائي كتغير مقاومة المادة مثل محرار المقاومة البلاستيكي والظاهرة الكهروحرارية.

٣- تغير الحالة مثل تغير اللون.

ان المحارير يجب ان يتوفر فيها)التركيب، التدريج، الحساسية:

أ- تركيب المحرار:

ان تركيب المحرار يعتمد اساساً على المادة المحرارية وهذه المادة صلبة ام سائلة او غازية لها خواص فيزيائية تسمى الخواص المحرارية تتغير مع درجة الحرارة، مثل ظاهرة التمدد.

ب - تدريج المحرار:

يجب تدريج المحرار بشكل مناسب ودقيق، والتدريج يتم بتقسيم قيم الخاصية بين النقاط الثابتة الى اجزاء متساوية فمثلاً التدريج المئوي يتم بتقسيم قيمة الخاصية بين نقطة انصهار الجليد ونقطة غليان الماء)تحت ضغط اعتيادي(الى مئة جزء متساوي وكل جزء يمثل درجة مئوية واحدة، اما في حالة المقياس الفهرنهايتي فيتم تقسيم نفس المسافة الى مئة وثمانين جزء متساوي وكل جزء يمثل درجة فهرنهايتية واحدة.

جـ - حساسية المحرار:

لكي يكون المحرار دقيقاً وحساساً يجب ان تتوفر الشروط الآتية:

١- ان يتحسس المحرار ويكتشف التغيرات في درجات الحرارة مهما كانت صغيرة وهذا يتطلب ان يكون معدل تغير الخاصية المحرارية مع درجة الحرارة اكبر ما يمكن.

٢- ان يصل المحرار الى حالة التوازن الحراري مع الجسم المراد قياس درجة حرارته في فترة زمنية قصيرة، وهذا يتطلب ان تكون المادة المحرارية وبصلة المحرار ذات توصيل حراري عالي.

٣- ان لا يمتص كمية كبيرة من الحرارة من الجسم المراد قياس درجة حرارته اي ان تكون السعة الحرارية للمادة الحرارية وبصلة المحرار صغيرة جد اً.

انواع المحارير Types of Temperature Measuring Devices

هناك انواع مختلفة من المحارير تستند على خواص محرارية مختلفة:

١- **المحارير السائلة:** تستند على مبدأ تغير حجم السائل مع تغير درجة الحرارة مثل محارير الزئبق والكحول.

٢- **المحارير الغازية:** تستند على مبدأ تغير ضغط الغاز مع تغير درجة الحرارة بثبوت الحجم أو تغير حجم الغاز مع تغير درجة الحرارة بثبوت الضغط مثل محرار جولي.

٣- **محارير المقاومة الكهربائية:** تستند على مبدأ التغير في المقاومة الكهربائية مع تغير درجة الحرارة مثل محرار المقاومة البلاتيني.

٤- **محارير المزدوج الحراري:** تستند على مبدأ تغير القوة الدافعة الكهربائية المتولدة في دائرة المزودج الحراري عندما يتغير الفرق بين درجتي حرارتي نقطتي الاتصال.

٥- **محارير المزدوج المعدني:** تستند على مبدأ اختلاف تمدد الاجسام الصلبة المختلفة.

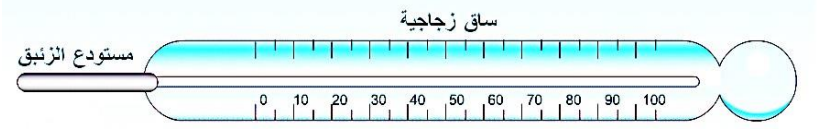
٦- **محارير ضغط البخار:** تستند على مبدأ تغير ضغط البخار مع تغير درجة الحرارة وتستخدم في قياس درجات الحرارة الواطئة مثل محرار ضغط بخار الهيليوم.

٧- **محارير الاشعاع:** تعتمد على كمية حرارة الاشعاع المنبعثة من الجسم المراد قياس درجة حرارته وتستخدم لقياس درجات الحرارة المرتفعة.

٨- **المحارير المغناطيسية:** تستند على مبدأ تغير التمغنط في المادة مع تغير درجة الحرارة.

<u>المحرار الزئبقي Mercury Thermometer:</u>

يتركب هذا المحرار من مستودع زجاجي رقيق الجدران مملوء بالزئبق ويتصل بأنبوبة شعرية دقيقة ومنتظمة المقطع ومقفلة من طرفها العلوي. عندما ترتفع درجة حرارة المحرار يتمدد الزئبق في المستودع فيرتفع عمود الزئبق في الانبوبة الشعرية. ولمعايرة الجهاز يوضع في نقطة الجليد)وهي درجة الحرارة التي يتواجد فيها الجليد والماء المشبع بالهواء في حالة توازن تحت ضغط جوي واحد(ثم في نقطة بخار الماء)درجة غليان الماء النقي تحت ضغط جوي واحد(ويحدد ارتفاع عمود الزئبق في الانبوبة الشعرية في كلا النقطتين ثم تقسم المسافة بينهما الى مئة قسم يعادل كل منهما درجة مئوية واحدة اي درجة سيليزية واحدة. ان حركة عمود الزئبق في المحرار هي نتيجة للتمدد الظاهري للزئبق وهو الفرق بين التمدد الحقيقي له وتمدد الزجاج.



المحرار الزئبقي

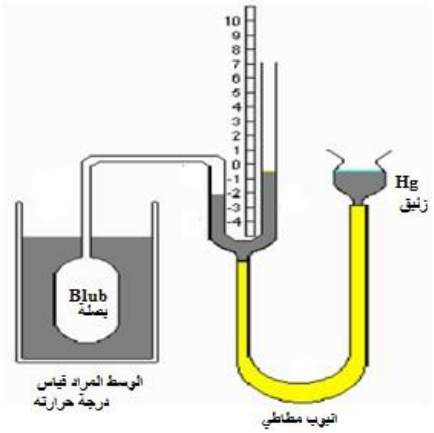
يفضل استخدام الزئبق كمادة حرارية على السوائل الاخرى لأنه يمتاز بما يأتي:

١- حرارته النوعية واطئة لذلك يمتص كمية قليلة جداً من الحرارة من الجسم المراد قياس درجة حرارته فلا يؤثر على درجة حرارة الجسم او الوسط.
٢- سائل معتم يسهل رؤيته في الانابيب الزجاجية الشعرية فيساعد على زيادة حساسية المحرار.
٣- له معامل تمدد حجمي كبير يسهل معه قياس التغير في حجمه برفع درجة الحرارة.

٤- يبقى في الحالة السائلة لمدى واسع من درجات الحرارة
٥- لا يلتصق بجدران الانبوبة الزجاجية التي تحويه.
٦- موصل جيد للحرارة فيصل درجة حرارة الجسم المراد قياس درجة حرارته بسرعة.

المحرار الغازي ذو الحجم الثابت Size Gas Thermometers-Fixed

يتكون هذا المحرار من مستودع عبارة عن وعاء زجاجي او معدني يسمى البصلة Bulb تحتوي على غاز يتصل بواسطة انبوبة زجاجية)مانومتر(مربوطة مع انبوبة مطاطية وهذه الانبوبة متصلة بخزان زئبقي كما مبين في الشكل) ٢-١٠(، وبرفع او خفض الخزان الزئبقي يمكن جعل مستوى الزئبق في الطرف الايسر يساوي صفر وبذلك سيكون الضغط المسلط على الغاز المحصور في البصلة مساوي للضغط الجوي. اذا وضعت بصلة الجهاز)المستودع(في مادة او محيط يراد قياس درجة حرارته وكان هذا المحيط ساخناً فإن الغاز المحصور في البصلة سيتمدد ويقوم بدوره بدفع الزئبق مؤدياً الى انخفاض مستواه في الطرف الايسر وارتفاعه في الطرف الايمن، ويحدث العكس اذا كان الجسم بارد حيث سيتقلص الغاز في البصلة مما يؤدي الى ارتفاع مستوى الزئبق في الطرف الايسر وانخفاضه في الطرف الايمن وتسجل القراءة)ارتفاع مستوى الزئبق(في الجهة اليمنى.



المحرار الغازي ذو الحجم الثابت

من الممكن الحفاظ على حجم الغاز بداخل البصلة ثابت وذلك من خلال رفع او خفض خزان الزئبق. ان الفرق h بين مستوى الزئبق في جهتي المانومتر يمثل ضغط الغاز P ويعطى بالعلاقة الآتية:

$$gh\boldsymbol{\rho} + {}_{o}P = P$$

يمثل P_o الضغط الجوي و $\boldsymbol{\rho}$ كثافة الزئبق.
وتحسب درجة حرارة المادة او المحيط من العلاقة الآتية:

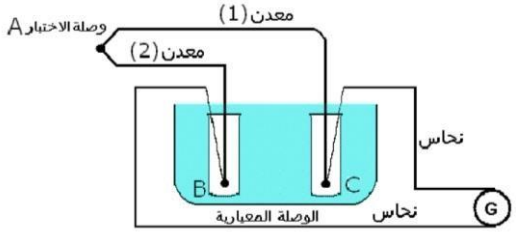
$$T = \frac{P_t - P_0}{P_{100} - P_0} \times 100 \quad = \quad \frac{h_t - h_0}{h_{100} - h_0} \times 100$$

P. يمثل الضغط المسجل عند النقطة الثلاثية للماء)او الضغط لنفس الحجم من الغاز تحت حجم ثابت(، ويمثل P_{100} الضغط بين نقطتي طرفي الانبوب عند درجة غليان الماء، والرمز h_t يمثل

طول عمود الزئبق عند درجة الحرارة t، h_o يمثل الفرق بين مستويي الزئبق في الانبوبين، ويمثل الرمز h_{100} الفرق بين عمودي الزئبق بين طرفي الانبوب عندما تكون درجة حرارة الغاز 100^oC

محرار المزدوج الحراري Thermocouple :

اكتشف العالم سيباك في العام ١٨٢١ انه عندما يتصل فلزان مختلفان على شكل دائرة ستتولد قوة دافعة كهربائية عندما ترتفع درجة حرارة احدى نقطتي الاتصال بينما تحفظ الاخرى باردة، وعادة تكون النقطة الباردة في نقطة الجليد. ولقد وجد ان القوة الدافعة الكهربائية المتولدة في هذه الدائرة تعتمد على طبيعة المعادن المستخدمة في تكوين المزدوج وعلى الفرق في درجات الحرارة بين نقطتي الاتصال.



محرار المزدوج الحراري

لقد وجد تجريبياً ان القوة الدافعة الكهربائية الناشئة في دائرة المزدوج الحراري تعتمد على درجة الحرارة t كما في العلاقة الآتية:

$$^{٣}Dt + {}^{٢}E = A + Bt + Ct$$

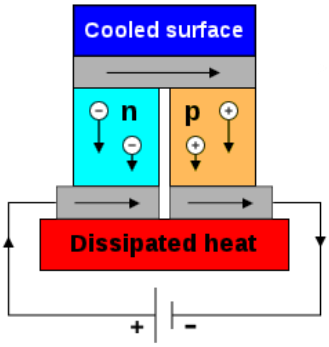
حيث A و B و C و D ثوابت تعتمد على طبيعة المعادن المستخدمة. تعد اجهزة القياس من اهم الاجزاء لقياس درجة الحرارة، والكلفانوميتر هو احد اجهزة القياس المستعملة في هذا المحرار. يتميز محرار المزدوج الحراري بما يأتي:

١- يقيس مديات واسعة من درجات الحرارة عندما يتم اختيار المعادن المناسبة في صناعته.
٢- سرعة وصوله الى حالة التوازن الحراري مع الجسم او الوسط المراد قياس درجة حرارته لصغر كتلته وصغر سعته الحرارية.
٣- سهل البناء ورخيص التكاليف.
٤- مناسب للاستعمال في الاغراض الصناعية العامة كما في حالة قياس حرارة الافران الحارة.

الظاهرة الكهروحرارية Electrothermal Phenomenon

عند اختلاف درجة الحرارة بين موصلين كهربائيين مختلفين فإن ذلك يؤدي الى توليد فرق جهد بين هاتين المادتين، فعند ارتفاع درجة حرارة احد الموصلين او شبه الموصلين فإن الالكترونات الساخنة تنساب نحو المادة الباردة، واذا تم ربط هاتين المادتين خلال دائرة كهربائية

فإن تياراً مستمراً سينساب خلال الدائرة، وان الفولتية المتولدة من هذه الظاهرة واطئة لا تزيد عن بضعة مايكروفولتات لكل كلفن.



الظاهرة الكهروحرارية

الظاهرة الكهروحر ة الى فولتية وبالعكس، فالجهاز الكهروحراري ت الحرارة على جانبيه فتسمى بظاهرة سيباك، وعلى العكس عندما تسلط فولتية على الجهاز فإنه يؤدي الى توليد فرق في درجة الحرارة فتسمى بظاهرة بلتير.