الحرارة وخواص المادة

المحاضرة الاولى

1 - الكيان او النظام (system)

تبدأ دراسة اي فرع من فروع الفيزياء بفصل منطقة معينة او جزء محدود من المادة هذا الجزء الذي يوجه اليه الدراسة والبحث والرصد يدعى بالنظام ويفصل الحيز الذي تشغله عن الفضاء الممتد خارج ذلك الحيز سطح مغلق يسمى حدود النظام (System boundaries) قد تضم تلك الحدود مادة صلبة او سائلة او غازية او مزيج منها , هنالك كيان حقيقي وكيان مثالي .

- **كيان حقيقي (Real System)**

هو اي كيان طبيعي يستخدم في التجربة او للأغراض العلمية, فأن اي كمية من المادة صلبة ,سائلة او غازية يقع عليها اهتمامنا تعرف بالكيان الحقيقي, مثلا في المختبر يمكن اعتبار اي مادة مستخدمة في التجربة ويجري عليها القياسات مثل السائل في المسعر ,الغاز او البخار المحصور في اسطوانة مغلقة او قطعة من الحديد او الجليد.....الخ, والمفروض عند التحدث عن نظام ما ان يكون ذلك النظام في حالة توازن حراري داخلي اي ان كافة الاجزاء بنفس درجة الحرارة.

- **-الكيان المثالي (Ideal System)**

هو اي كيان نظري نتعامل معه بالقلم والورق لغرض تسهيل المسائل الثرموديناميكية . مثل هذا الكيان غير موجود في الطبيعة مثال على ذلك الغاز المثالي.

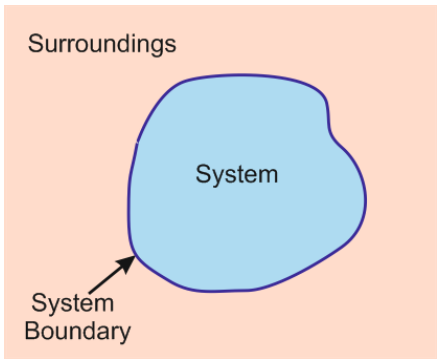
2 - حدود الكيان (System boundary)

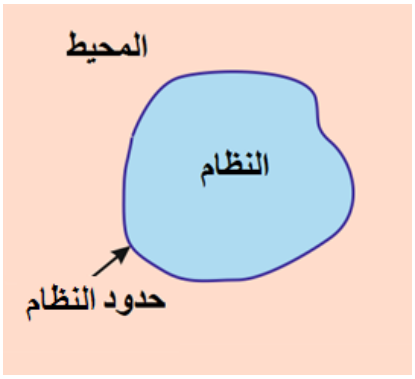
هو الغلاف او السطح المغلق الذي يحتوي الكيان ويفصله عن محيطه الخارجي. فحدود الكيان قد تكون حقيقية اي مادية ملموسة كالسطح الداخلي للمنطاد الذي يحوي بداخله غاز مضغوط او السطح الداخلي لقنية الغاز يمثل حدود حقيقية للغاز المضغوط او وهمية خيالية غير مادية كتلك التي تحدد جزءا من مائع (غاز او سائل) يتدفق في انبوب . وليس من الضروري ان تكون حدود الكيان ثابتة في الشكل او الحجم فالكيان قد يتمدد او يتقلص او يتشوه اذا تغيرت بعض خواصه مثل الضغط المسلط او درجة الحرارة .مثلا المائع الموضوع في اسطوانة ذات مكبس متحرك يغير حجمه اي يغير حدوده مسببا ازاحة المكبس عندما يتمدد او يتقلص كما وان مادة النظام لا يشترط ان تكون متجانسة كيميائيا و فيزيائيا.

3 - **المحيط , او الوسط الخارجي (Surroundings)**

هي كل ما يقع خارج حدود الكيان من مادة وفضاء ويمكن اعتبار المحيط يتشكل من كل الكيانات او النظم التي تقع خارج حدود الكيان الواقع تحت الدراسة والملاحظة والتي تؤثر على خصائص ذلك النظام بصورة مباشرة او غير مباشرة .وممكن ان يتفاعل الكيان مع محيطه او لا يتفاعل من خلال تبادل الطاقة او الكتلة عبر حدود النظام.

وعند اختيار نظام معين فان الخطوة التالية هي **وصفه بواسطة كميات** تمكننا من وصف سلوك هذا النظام او تفاعله مع الاوساط المحيطة به او السلوك و التفاعل معاً.





وعلى العموم ولوصف النظام توجد وجهتا نظر هما:

a. **وجهة النظر العيانية او الظاهرية (Macroscopic Point of View)**

من الكميات العيانية التي يمكن قياسها منها الحجم والضغط ودرجة الحرارة وهي كلها ظاهرية يمكن تحسسها ووصفها ظاهريا وتختلف الكميات العيانية من نظام الى اخر ولكنها تشترك بالسمات العامة التالية:-

1- لا تشمل على أي افتراضات خاصة بالتركيب الجزيئي لمادة النظام.
2- نحتاج لبضع كميات فقط لإعطاء وصفا ظاهرا كاملا
3- ان الكميات الظاهرية حددت بصورة مباشرة بواسطة الحواس
4- يمكن قياسه بسهولة وبطريقة مباشرة.

b. **وجهة النظر المجهرية (Microscopic Point of View)**

وتوصف من وجهة نظر الميكانيك الاحصائي . يتكون أي نظام من عدد هائل من الجزيئات (N) كل منها قادر على ان يتواجد في مجموعة من الحالات التي طاقتها (E_1, E_2, E_3,……., E_i) وتتفاعل هذه

الجزيئات مع بعضها عن طريق التصادم وتجاذب وتنافر ويمكن ان نتصور هذا النظام من الجزيئات معزولاً او مغمور ضمن انظمة متشابه ,وبتطبيق مبادئ نظرية الاحتمالية (probability theory) يفترض ان حالة التوازن الحراري للنظام هي الحالة الاكثر احتمالا , والمشكلة الاساسية هي ايجاد عدد الجزيئات لكل مجموعة ذات جزيئات متشابه بالطاقة عند حدوث التوازن.

ويشمل النظام المجهري على الخصائص التالية:

1- تشمل بنظر الاعتبار تركيب المادة مثل وجود الجزيئات.
2- وصف كميات كبيرة العدد .
3- ان هذه الكميات لا يمكن قياسها بصورة مباشرة.
4- الكميات الموصوفة لا يمكن تقديرها بالحواس

4 - الطاقة الحرارية ودرجة الحرارة

في دراسة الميكانيك نتعامل مع بعض المصطلحات مثل الكتلة والقوة وطاقة الحركة وبالمثل دراسة الظواهر الحرارية تقتضي تعريفا دقيقا لبعض المصطلحات مثل درجة الحرارة والحرارة والطاقة الداخلية. وفي هذا الجزء سوف نقوم بتعريف تلك المصطلحات كما سنتناول احد قوانين الديناميكا الحرارية(Thermodynamic) وهو القانون الصفري .بعد ذلك سنتناول مقاييس درجات الحرارة الثلاث الاكثر انتشارا وهي مقياس سلسيوس (Celsius scale) ومقياس فهرنهايت (Fahrenheit scal) ومقياس كلفن (Kekvin scale).

4.1 - الطاقة (Energy)

تعرف الطاقة بانها القدرة على انجاز شغل . والطاقة عبارة عامة تشمل الطاقة المخزونة (Stored Energy) والطاقة العابرة (transient energy) وتكون الطاقة المخزونة على عدة اشكال : الطاقة الكيمياوية , الطاقة الكهربائية ,الطاقة الداخلية ,الميكانيكية (الكامنة والحركية) .... الخ اما الطاقة العابرة فهي على شكلين فقط حرارة وشغل . اي ان الطاقة التي تدخل الكيان او تخرج منه تكون على شكل حرارة او شغل ميكانيكي وبالتالي فان كلمة الحرارة او الشغل تعني تبادل الطاقة بين النظام او الكيان ومحيطه.

4.2 - الحرارة والشغل (Heat and Work)

الحرارة والشغل هما الشكلان الوحيدان للطاقة الذين لا يمكن تواجدهما بشكل طاقة مخزونة بل فقط أثناء اجتيازهما لحدود او غلاف الكيان اي ان كلمة شغل او حرارة تعني (تبادل الطاقة بين الكيان ومحيطه). حيث عند اجتياز الشغل او الحرارة حدود الكيان ويدخلان فيه ينتهي وجودهما كشغل او حرارة ويتحولان الى طاقة مخزونة كطاقة الداخلية او غيرها ويمكن ان يخسر الكيان او يكتسب طاقة عابرة على شكل حرارة او شغل .ان اعطاء الحرارة الى الكيان قد يتم بأكثر من طريقة , قد يكن بالتسخين المباشر , بالاحتكاك الميكانيكي ,بمرور التيار الكهربائي أو بالتفاعل الكيميائي, وفي جميع الحالات يكتسب النظام أو الكيان طاقة حرارية بصرف النظر عن طريقة ايصالها .

4 .3 - **الطاقة الداخلية (Internal Energy)**

لنفرض ان كيان ما في درجة حرارة معينة ,فمن وجهة النظر المجهرية يتألف هذا الكيان من عدد كبير من الجسيمات (ذرات وجزيئات) وهذه الجسيمات تمتلك اشكال مختلفة من الطاقة تشتمل على طاقة حركية انتقالية مرتبطة بسرعة الجسيمات وهذه الطاقة مسؤولة عن تحديد درجة حرارة النظام , طاقة حركية اهتزازية تعتمد على اهتزاز الذرات الداخلة في تركيب الجزيئات, طاقة دورانية تعتمد على دوران الذرات ضمن الجزيئات حول محور معين. ,طاقة كامنة لذرات النظام وجزيئاته ناتجة عن وضع الجسيمات بالنسبة الى بعضها البعض وهنالك طاقات نووية ضمن تركيب الذرات . ان مجموع هذه الطاقات التي تمتلكها الجسيمات تدعى بالطاقة الداخلية للكيان ويرمز لها بالحرف U . ويعتمد منسوب الطاقة الداخلية للجسم على مدى سرعة حركة ذراته أو جزيئاته. فإذا تحركت ببطيء فإن منسوب طاقة الجسم الداخلية يكون منخفضًا. أما إذا كانت تتحرك بشدة فإن الجسم يكون له منسوب طاقة داخلية مرتفع وللأجسام الساخنة منسوب طاقة داخلية أعلى مما للأجسام الباردة. والكلمتان ساخن وبارد تشيران إلى درجة حرارة الجسم .لو اعطينا كمية من الطاقة الحرارية للكيان فأن تلك الطاقة سوف تعمل على زيادة الطاقة الداخلية وهذه الزيادة ممكن ان تسبب في رفع درجة حرارة الكيان او تغير حالة الكيان من صلب الى سائل او من سائل الى بخار او تسبب زيادة المسافة بين الجزيئات الذي يصاحب التمدد .اما اذا سحبنا كمية من الحرارة من الكيان عندما يلامس جسم ابرد منه مثلا فأن الطاقة الداخلية تنخفض .يجب ان نعرف انه ممكن ان يحدث تغير في الطاقة الداخلية للنظام دون انتقال حرارة من والى النظام وهذا يحدث في حالة انجاز شغل من قبل النظام او على النظام.

مثال على ذلك عند ضغط غاز بواسطة مكبس , فأن الغاز يسخن وتزداد طاقته الداخلية دون ان يحدث انتقال للطاقة على شكل حرارة من الوسط المحيط الى النظام . اذا تمدد الغاز بعد ذلك بسرعة فأنه يبرد وتنخفض طاقته الداخلية دون ان يحدث انتقال للطاقة على شكل حرارة منه الى الوسط المحيط والتغير في درجة حرارة الغاز ليست ناتجة عن فرق في درجات الحرارة بين الغاز والوسط المحيط بل ناتجة عن التضاغط والتمدد. في كل من الحالتين تنتقل الطاقة من الغاز او اليه عن طريق الشغل. مما يؤكد ان التغير في الطاقة الداخلية للغاز هو التغير الناتج في درجة الحرارة.

4.4 - مفهوم الحرارة (Concept of Heat)

تعرف الحرارة بأنها طاقة في حالة عبور او انتقال فلو تلامس جسمان احدهما ساخن والاخر بارد فأن هنالك شكل من الطاقة ينتقل من الجسم الساخن الى الجسم البارد وهذا الشكل المنتقل من الطاقة يدعى بالحرارة او الطاقة الحرارية .اذن الحرارة هي عملية انتقال الطاقة عبر حدود النظام او الكيان بسبب الفرق بين درجتي حرارة الكيان ومحيطه وكذلك هي كمية الحرارة (Q) التي تنتقل خلال هذه العملية, ويمكن ان تنتقل بين الأجسام عن طريق الإشعاع والحمل والتوصيل, ان وحدة قياس كمية الحرارة هي الكالوري (cal) (Calorie) ويعرف الكالوري بانه كمية الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة غرام واحد من المادة درجة مئوية واحدة من 14.5 الى 15.5 (وتعبر الكالوري عن محتوى الطاقة في المواد الغذائية ويستخدم الكيلو كالوري).وفي النظام العالمي للوحدات (The international system of units) (SI) يستخدم العلماء وحدة الجول كوحدة للطاقة الحرارية والشغل والطاقة الداخلية.

4.5 - درجة الحرارة (Temperature)

يعد مفهوم درجة الحرارة من اهم المفاهيم الاساسية في الفيزياء او بمعنى اخر من اهم الخواص الفيزيائية. ان المعنى الابتدائي لدرجة الحرارة هو انها الخاصية التي تصف الجسم فيما اذا كان حارا او باردا حيث ان الجسم الساخن يعطي حرارة اي يفقد طاقة حرارية عند اللمس بينما الجسم البارد يمتص حرارة اي يكتسب ,ومن ذلك نستخلص ان التصور البديهي لدرجة الحرارة يستند على عملية انتقال الحرارة , فاذا انتقلت الحرارة من جسم الى اليد يوصف الجسم حار اما اذا انتقلت من اليد للجسم فأن ذلك الجسم يوصف بارد.

ويمكن اعتبار درجة الحرارة كمقياس للنشاط الحراري للذرات او الجزيئات .وتعرف على انها مقياس للطاقة الحركية او الاهتزازية للذرات او الجزيئات في المادة. ويعبر عن درجة الحرارة بالدرجة السيليزية (او المئوية) °C ,او الدرجة الفهرنهايتية °F او بالدرجة الكلفنية او المطلقة K .

4.6 - أسس قياس درجة الحرارة

تعتمد الخواص الفيزيائية للمادة على درجة الحرارة ,وتتغير هذه الخواص مع تغير درجة الحرارة. والخاصية التي تتغير مع درجة الحرارة ويمكن قياسها تدعى بالخاصية(**المحرارية**) ومن الامثلة على هذه الخاصية التغير في ابعاد المادة (ظاهرة التمدد) اي تغير حجم المادة ,التغير في الضغط عند ثبوت الحجم ,التغير في المقاومة الكهربائية للمواد الموصلة وشبه الموصلة ,التغير في لون الاشعاع المنبعث من سطح جسم ساخن .لقد استعان العلماء على العلاقة بين اي من هذه الخواص الفيزيائية و درجة الحرارة في بناء مقياس مناسب لدرجة الحرارة وهذا البناء او الجهاز تم تعريفه باسم المحرار (Thermometer).

وان بناء أي مقياس لدرجة الحرارة يعتمد على عدة عوامل تعتمد على الاختيارات التالية:

1- اختيار المادة الحرارية المناسبة .

2- اختيار الصفة المحرارية المناسبة لتلك المادة (تغيير حجم السائل، تمدد المادة الصلبة، تغير المقاومة الكهربائية للموصلات، الضغط عند ثبوت الحجم، الحجم عند ثبوت الضغط، تغير اللون).

3- افتراض ان الصفة المحرارية المختارة تتغير باستمرار مع درجة الحرارة.

4 -اختيار المدى المناسب لدرجة الحرارة التي يراد قياسها باستمرار

4.7 - وحدات قياس درجة الحرارة

هناك العديد من الوحدات لقياس درجة الحرارة:

1- الكلفن (Kelvin) :وحدة القياس المعتمدة في النظام الدولي للوحدات (SI) لقياس درجة الحرارة. وتسمى أيضا بدرجة الحرارة المطلقة، حيث أن درجة حرارة صفر كلفن هي أخفض درجة حرارة في الطبيعة وتتوقف عندها حركة الجزيئات. سميت بهذا الاسم نسبة إلى الفيزيائي والمهندس البريطاني اللورد كلفن . ونادراً ما تستخدم وحدة الكلفن في الحياة العامة ، ولكنها ذات أهمية خاصة في المجالات العلمية

المختلفة. ان درجة انجماد الماء بمقياس كلفن تساوي 273.15K اما درجة غليان الماء تساوي 373K تحت الضغط الجوي الاعتيادي .

2- **سلزيوسCelsius** :هو المقياس المعتمد في حياتنا اليومية في معظم الدول العربية,وهي وحدة قياس لدرجات الحرارة ويرمز لها بالرمز (°C) مقياس مئوي، والدرجة الواحدة بقياس سيلزيوس(Celsius) هي واحد على مئة من الفرق بين درجة غليان الماء ودرجة تجمده تحت قياس الضغط الجوي القياسي. كانت تعرف بأسماء أخرى مثل مئوية (centigrade) وذلك قبل أن يتم تغيير الاسم بصفة رسمية إلى سيلزيوس(Celsius).
وقد سميت هذه الوحدة سيلزيوس على اسم الفلكي السويدي أندرس سيلزيوس, الذي اقترح في الأصل أن تكون درجة الصفر مطابقة لدرجة غليان الماء وان تكون درجة تجمده مقابلة للمائة, ولكن ذلك جرى تعديله.

3- **فهرنهايت (Fahrenheit)** :كثير الاستخدام في امريكا، ان درجة انجماد الماء في هذا المقياس تساوي 32 °F ودرجة غليان الماء تساوي212 °F .

-العلاقة بين الوحدات

$T_K = T_C + 273.15$------(1)

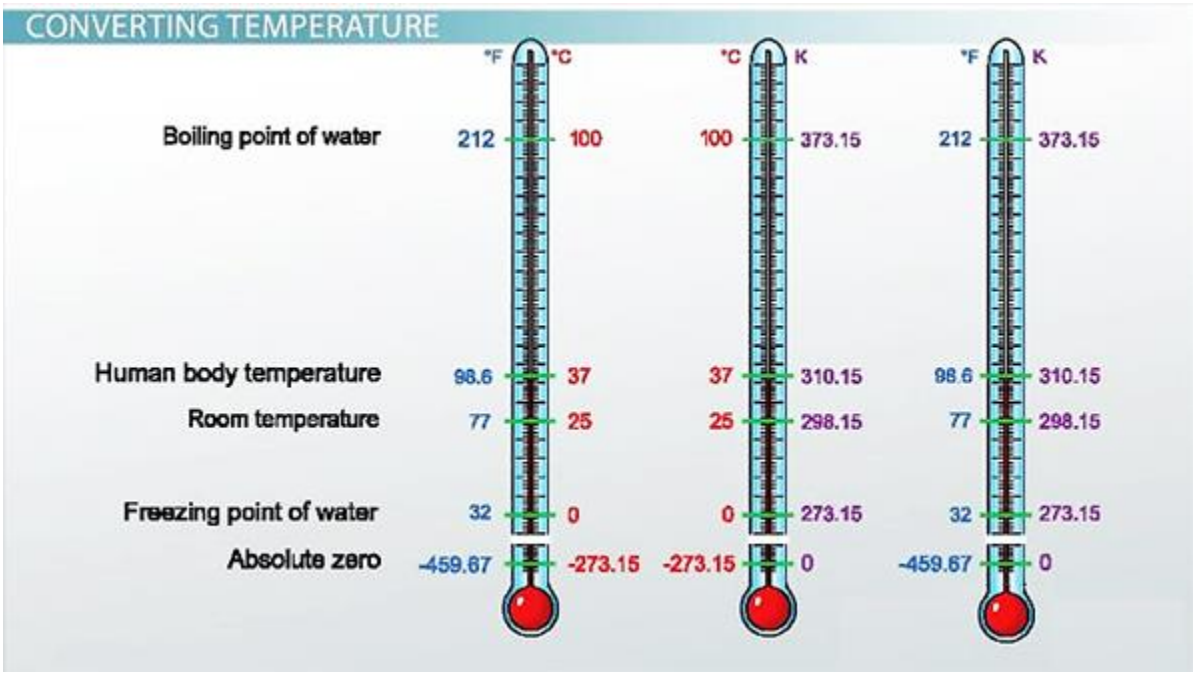
$T_C = T_K - 273.15$-------(2)

$T_C = \frac{5}{9}(T_F - 32)$------(3)

$T_F = \frac{9}{5}T_K - 459.67$ ------(4)

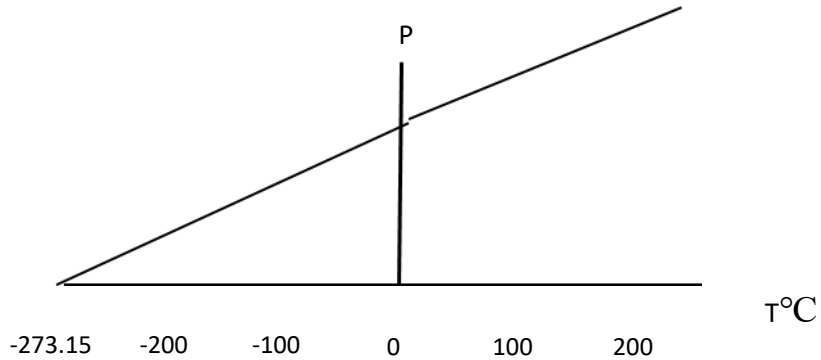
المعادلة رقم (2) تبين ان درجة الحرارة بالمقياس السيليزي T_C مزاحة عن درجة الحرارة المطلقة(كلفن) T_K بمقدار 237.15°C . وحيث أن حجم الدرجة واحد على المقياسين فأن فرقا في درجات الحرارة ΔT قدره 5 °C يساوي فرقا في درجات الحرارة قدره 5 K اي ان المقياسين يختلفان فقط في درجة الانجماد حيث ان درجة الانجماد على المقياس السيليزي هي صفر تقابلها على مقياس كلفن 273.15K ودرجة الغليان هي 100°C تقابلها بمقياس كلفن 373.15

$$\Delta T_C = \Delta T_K = \frac{5}{9}\Delta T_F$$



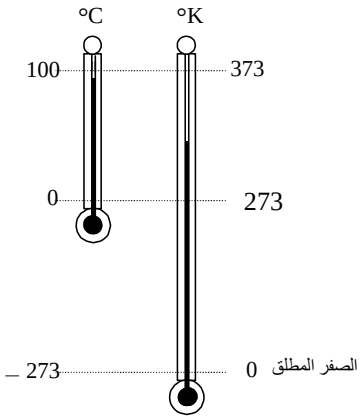
4.8 - مقياس درجة الحرارة المطلقة (the Absolute Temperature Scale)

عند تسخين كمية من الغاز في وعاء مغلق(الحجم ثابت) فأن الضغط سوف يزداد زيادة خطية مع درجات الحرارة كما في الشكل (1.1) وان امتداد الخط المستقيم نحو درجات الحرارة السالبة سوف يقطع محور درجة الحرارة عند درجة الحرارة 273.15 °C- حيث يصبح الضغط صفر(نظريا) وهذه الدرجة المميزة تستخدم كأساس للمقياس المطلق لدرجات الحرارة الذي جعل الدرجة 273.15°C- ودرجة الحرارة هذه تسمى الصفر المطلق (Absolute Zero) ودرجة الصفر المطلق لايمكن الوصول اليها الا ان بعض التجارب المختبرية باستخدام اشعة الليزر في تبريد الذرات مكنت من الوصول الى درجات قريبة من الصفر المطلق.



الشكل (1.1): علاقة ضغط الغاز مع درجة حرارته عند ثبوت الحجم

أي أن صفر المقياس المطلق يقع أسفل صفر المقياس المئوي نفسه بمقدار 273° ويقسم المقياسان بنفس الكيفية كما في الشكل.



المقياس المطلق والمقياس المئوي

Celsius (°C)	Kelvin (K)	Description
-273.15 °C	**0 K**	**Absolute Zero Temp.**
0 °C	**273.15 K**	**Freezing/Melting Point of Water**
21 °C	**294.15 K**	**Room Temp.**
37 °C	**310.15 K**	**Average Body Temp.**
100 °C	**373.15 K**	**Boiling Point Of Water**

مثال1: حول درجة الحرارة الى وحدات الدرجة السيليزية اذا علمت ان درجة الحرارة (98.6 °F).

ثم حول 25°C الى الوحدات بالفهرنهايت.

°C = (98.6 – 32) × 5/9 = 66.6 × 5/9 = 37.0 °C

°F = (25.0 × 9/5) + 32 = 45.0 + 32 = 77.0 °F

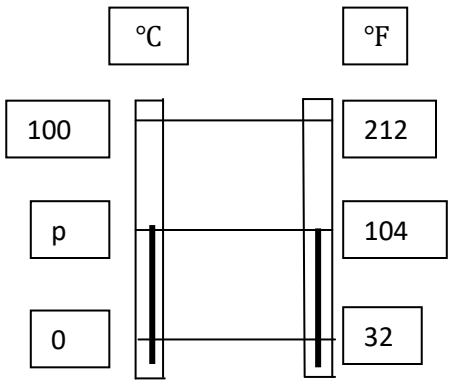
مثال2:

اذا كانت درجة حرارة الغرفة بالفرنهايت (72.0 °F)، فما يقابلها بالسيليزية والمطلق؟

°C = (72.0 – 32) × 5/9 = 40.0 × 5/9 = 22.2 °C

K = 22.2 °C + 273.15 = 295.4 K

واجب (1) اعتمادا على الشكل المجاور اوجد درجة الحرارة p بالمحرار السيليزي



واجب (2):

1- حول درجة الحرارة الى الفهرنهايت اذا علمت ان درجة الحرارة (0 °C).
2- ثم حول°C 212 الى الوحدات بالفهرنهايت.

واجب (3):

ما درجة الحرارة بوحدات الكلفن (المطلقة) اذا كانت بوحدات الفهرنهايت (98.6 °F)؟

واجب (4):

احسب درجة حرارة إناء إذا كانت قيمتها مقاسة بثرمومتر فهرنهايتي تساوي ضعف قيمتها مقاسة بثرمومتر مئوي، ثم احسب درجة الحرارة التي تتساوى عندها القراءتان.

واجب (5): وعاء ماء سخن من 25°C الى 80°C ماهو مقدار التغير في درجة الحرارة على مقياس اولا كلفن ثانيا فهرنهايت.

واجب (6):يمكن التعبيرعن العلاقة بين الدرجة السيليزية والدرجة الفهرنهايتية كما في المعادلة التالية

$$°\mathrm{C} = a°\mathrm{F} + b$$

جد قيم الثوابت a, b

واجب (7): جد *قيمة درجة الحرارة التي تتساوى عندها الدرجة السيليزية مع الدرجة الفهرنهايتية*

واجب (8) في الشكل المجاور اوجد درجة الحرارة (t) بمقياس الفهرنهايتي