جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الانبار – كلية العلوم
قسم الفيزياء

اسم المادة: الفيزياء العامة

المستوى الدراسي: الدراسات الاولية (البكالوريوس)

المرحلة: الاولى

المحاضرة رقم (7)

اسم المحاضرة: الحرارة Heat

مدرس المادة

م. احمد مظفر احمد

الحرارة Heat

1-7 درجة الحرارة Temperature

هي المعدل الذي يدل على مقدار سخونة الجسم أو برودته. والحرارة تنتقل دائما من الجسم الساخن إلى الجسم البارد، فالجسم الساخن يفقد حرارة والجسم البارد يكتسب هذه الحرارة. ومصادر الحرارة متعددة، منها الشمس وتعد المصدر الرئيسي للحرارة على الأرض، ومنها أيضا الاحتكاك، وإشعال الوقود، والكهرباء.

2-7 أثر الحرارة على الأجسام Effect of heat on bodies

تتأثر الأجسام عند تعرضها للحرارة بنسب متفاوتة وبأشكال مختلفة حسب حالة المادة وتركيبها ، حيث تختلف بعض الخواص الطبيعية للمواد باختلاف درجة حرارتها، مثل تغيرطول المعادن وضغط الغازات عند ثبوت حجمها ، وحجمها عند ثبوت ضغطها ، ومقاومة الموصلات. وهذا هو الأساس الذي يبنى عليه عمل الترمومترات التي تستخدم لقياس درجة الحرارة.

3-7 المقياس الترمومتري Thermometric scale

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

1 – اختيار مادة ترمومترية تتغير خواصها الفيزيائية بتغير درجات الحرارة مثل تمدد 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.

المقياس المئوي Centigrade (or Celsius) scale

وفيه تقسم الفترة الأساسية إلى *100* قسم متساوٍ من صفر حتى 100°م (*100°C*) ، ويسمى أحياناً بمقياس سلسيوس نسبة إلى العالم (Celsius) .

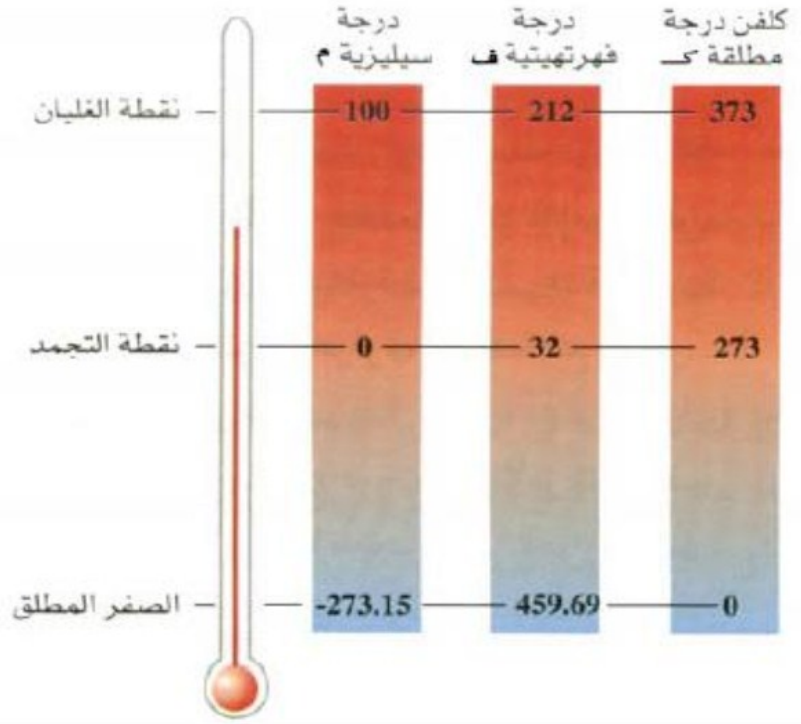
المقياس الفهرنهيتي Fahrenheit scale

في هذا المقياس تقسم الفترة الأساسية إلى *180* قسماً متساوياً حيث تشير النقطة السفلى إلى *32°F* والعليا *212°F* .

المقياس المطلق Absolute (Kelvin) scale

يعرف الصفر المطلق بأنه درجة الحرارة التي يتلاشى عندها حجم الغاز نظرياً مع ثبوت الضغط.

درجة الصفر المطلق على المقياس المئوي هي $(-273°C)$.



شكل (7-1) المقياس الترمومتري

العلاقة بين المقاييس الترمومترية

يمكن التحويل من أحد هذه المقاييس إلى الآخر باستخدام المعادلة التالية :

$$\frac{C}{100} = \frac{F-32}{180} = \frac{K-273}{100} \qquad (7\text{-}1)$$

للتحويل من الفرنهيت الى الدرجة المئوية يمكننا استخدام المعادلة الاتية

$$F = \frac{9}{5}C + 32 \qquad (7\text{-}2)$$

ويمكن التحويل من درجة الحرارة المئوية إلى درجة الحرارة المطلقة (الكلفن) باستخدام المعادلة :

$$K = C + 273 \qquad (7\text{-}3)$$

مثال (7-1)

احسب درجة حرارة إناء بالفهرنهيت إذا كانت قيمتها $25°C$ مقاسة بترمومتر مئوي.

الحل:

$$F = \frac{9}{5}C + 32$$

إذن بالتعويض ينتج أن:

$$F = \frac{9}{5}.25 + 32 = 79$$

$$F = 79^0 F$$

مثال (7-2)

احسب درجة حرارة بالمقياس المطلق اذا كان درجة حرارته بالمقياس المئوي هي $25\ ^\circ C$

الحل:

$$T_c = 25^\circ c$$
$$T = T_c + 273$$
$$T = 25 + 273$$
$$T = 298\,K$$

4-7 الترمومترات Thermometers

أ- الترمومتر الزئبقي

1- يعتبر الزئبق من أنسب السوائل في صنع الترمومترات فهو يتجمد في درجة حرارة $-40C^0$ و يغلي في درجة $357C^0$. و هو يتمدد بانتظام كما أنه غير شفاف فيمكن رؤيته بسهولة خلال الزجاج و لا يعلق بالجدار الزجاجي ثم أنه يأخذ درجة حرارة ما يلامسه من الأجسام بسرعة و معامل تمدده كبير نسبيا .

2- يصنع الترمومتر من أنبوبة شعرية سميكة الجدار و منتظمة المقطع و تنتهي من أسفل بمستودع من الزجاج به زئبق و الأنبوبة مغلقة من أعلى و مفرغة من الهواء .

3- و يستخدم الزئبق في عمل الترمومتر الطبي الذي يستخدم لقياس درجة حرارة الإنسان و لذلك فهو يدرج فقط من $35C^0$ إلى $42C^0$ و يمتاز بوجود انثناء خفيف في الأنبوبة الترمومترية فوق مستودع الزئبق مباشرة فيمر الزئبق من هذا الانثناء عند ارتفاع درجة الحرارة بينما لا يستطيع الرجوع إلى المستودع إلا إذا هززنا الترمومتر.

ب - الترمومتر الكحولي

يمكن استخدامه لقياس درجات حرارة منخفضة إلى $-110\ C^0$ ، و يمتاز الكحول في كون معامل تمدده أكبر من معامل تمدد الزئبق و لذلك فهو أكثر حساسية و يقلل من تأثير عدم انتظام مقطع الأنبوبة الترمومترية كما أنه

يساعد على اختيار مستودع صغير لنفس الأنبوبة الترمومترية و لأن تمدده غير منتظم لذا فإنه لا يستخدم في القياسات الدقيقة و لكنه يستخدم في الأرصاد الجوية لمعرفة حرارة الجو .

و يستخدم الكحول كمادة ترمومترية عوضا عن الزئبق لقياس درجات الحرارة المنخفضة و ذلك لأن الكحول يظل في الحالة السائلة ما بين درجتي $-110\ C^0$ ، $78\ C^0$.

ج - الترمومتر الغازي

الترمومتر الغازي على نوعين:

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

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

ملاحظة: من أهم مميزات الغازات كمواد ترمومترية أنها تظل غازية في مدى واسع جدا من درجات الحرارة (ابتداء من درجة السيولة إلى $1500°C$).

5-7 الحرارة Heat

إذا دلكت يديك في بعضهما ستلاحظ أنهما تدفآن، وكنتيجة لتحريك يديك إحداهما على الأخرى ضد قوى الاحتكاك تتحول طاقة الحركة التي أعطيتها لهما إلى حرارة. وباعتبار أن الطاقة لا تفنى أبدا، فيمكننا القول بأن اختفاء طاقة الحركة وظهور الحرارة يمكن تفسيره على أساس واحد فقط وهو أن **الحرارة صورة من صور الطاقة**.

وإذا تم اعطاء هذه الطاقة الحرارية إلى مادة ما فأن هذه المادة سوف تصبح أكثر سخونة، أي أن درجة حرارتها سوف ترتفع، وربما تنصهر أو تتبخر، أي أنه قد يحدث تغير في الحالة.

السعة الحرارية لجسم Heat capacity

تعرف السعة الحرارية لجسم بانها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة الجسم درجة مئوية واحدة. ويرمز لها بالرمز C ووحدة قياسها في النظام c.g.s هي الكالوري لكل درجة *Calorie/degree* أما في النظام العالمي m.k.s فهي الجول لكل درجة *Joule/degree* حيث $1Cal=4.186$ *Joule*.

$$\boxed{C = \frac{Q}{\Delta T}} \qquad (7\text{-}4)$$

حيث Q هي كمية الحرارة. وعليه فان

$$\boxed{Q = C\Delta T}$$

الحرارة النوعية لمادة Specific heat

وتختلف السعة الحرارية لجسم باختلاف كتلته. أي أن هذه الكمية الحرارية غير مُمَيِزة للمادة وليست صفة من صفاتها. لذا فكر العلماء في اختيار كمية من الحرارة تلزم لرفع درجة حرارة وحدة الكتل من المادة درجة واحدة وسميت "السعة الحرارية النوعية" أو "الحرارة النوعية" ويرمز لها بالرمز S.

تعريف الحرارة النوعية لمادة

هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة وحدة الكتل من المادة درجة واحدة.

$$\boxed{S = \frac{Q}{m\Delta T}} \qquad (7\text{-}5)$$

ولذلك فان

$$\boxed{Q = mS\Delta T}$$

من المعادلة السابقة نلاحظ أن وحدة قياس الحرارة النوعية هي Cal/gmC^0، فمثلا الحرارة النوعية للماء والثلج هي على الترتيب كالتالي:

$$S_{water} = 1Cal/gC^0 = 4.186J/gC^0$$

$$S_{ice} = 0.5Cal/gC^0 = 2.1J/gC^0$$

حيث Q هي كمية الحرارة المكتسبة أو المفقودة مقدرة بوحدة الكالوري في النظام c.g.s أو بوحدة الجول في النظام m.k.s.

العلاقتين السابقتين يمكن من خلالهما حساب كمية الحرارة التي تكتسبها أو تفقدها كتلة m *من المادة عندما تتغير درجة حرارتها من* T_i إلى T_f بشرط عدم تغير حالة المادة من صورة إلى أخرى.

مثال (7-3)

ما هي كمية الحرارة اللازمة لرفع ماء كتلته $720gm$ من درجة حرارة $10C^0$ إلي $15C^0$ ؟ مع العلم أن

$$S_{water} = 4190J/kg.k^0$$

الحل:

$$Q = ms(T_f - T_i)$$

$$T_i = 10C^0$$

$$T_f = 15C^0$$

$$Q = 0.72 \times 4190 \times (15 - 10) = 15084J$$

6-7 انتقال الحرارة Transmission of heat

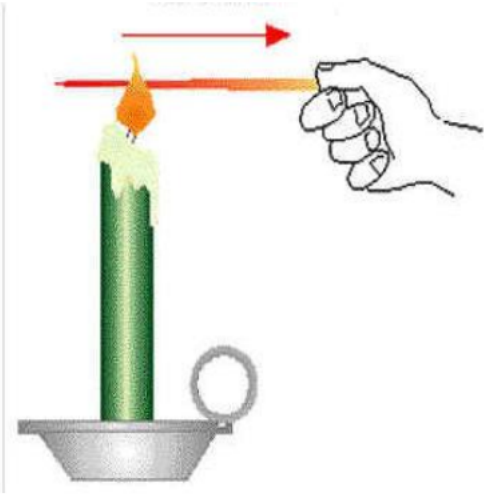
يوجد ثلاثة طرق مختلفة تنتقل فيها الحرارة من مكان إلي أخر ، وهذه الطرق هي :-

التوصيل والحمل والإشعاع .

التوصيل conduction

إذا أمسكت قضيبا معدنيا من أحد طرفيه ثم وضعت الطرف الآخر في لهب ستشعر بعد قليل بسخونة القضيب المعدني وهذا يدل على أن الحرارة قد انتقلت خلاله (شكل 7-2). أما إذا أمسكت شريحة من الخشب من أحد طرفيها ثم وضعت الطرف الآخر في النار فلن تنتقل الحرارة داخلها ولو بمقدار ضئيل حتى ولو بدأ الطرف الموضوع في النار بالاشتعال. أي أن المعدن جيد التوصيل للحرارة في حين أن الخشب رديء التوصيل للحرارة. وتستعمل كلمة "التوصيل" لتعني الانتقال الحراري في المواد الصلبة.

ففي المثال السابق نجد أنه عندما يسخن طرف القضيب المعدني الذي عرضة للهب فإن جزيئات هذا الطرف سوف تهتز بسعة من جزيء إلي جزيء آخر مجاور وهكذا تستمر العملية إلي أن تنتقل الحرارة من الطرف الساخن إلي الطرف البارد.



شكل (7-2)
التوصيل الحرارى

الحمل convection

تنتقل الحرارة أيضا خلال الماء ، ويسمي انتقال الحرارة في السوائل "بالحمل" فعند تسخين كمية من الماء في وعاء فإن الماء القريب من قاع الوعاء يصبح أكثر سخونة مما فوقه ، وحيث أن الماء يتمدد بالحرارة (يزيد حجمه) في حين أن كتلته ثابتة فإن كثافته تكون أقل من كثافة الماء البارد ، وتكون النتيجة أن الماء الساخن يرتفع إلي اعلي بينما يهبط الماء البارد إلي أسفل أي أن الحرارة تنتقل إلي أجزاء السائل الأخرى في الإناء بحركة السائل الساخن . أذن الحمل عبارة عن حركة السائل ، ولكن من الممكن ملاحظة انتقال الحرارة بالحمل في الغازات نتيجة لحركة الغاز السائل.

الإشعاع Radiation

يمكن أن تنتقل الحرارة في المواد بطريقة ثابتة وهي الإشعاع فحرارة الشمس تصل ألينا بانتقالها خلال الفراغ الموجود بين الأرض والشمس فنشعر بالدف وفي الحقيقة فإن الحرارة تنتقل الينا من الشمس بنفس طريقة انتقال الضوء لذلك فعندما يحدث كسوف الشمس ينقطع الضوء والحرارة في نفس اللحظة . هذه الطريقة لانتقال الحرارة

تسمي "الإشعاع" وعندما تجلس أمام مدفأة كهربية فانك تحس بالاشعاع علي عاكس معدني خلف عنصر التدفئة ، وذلك لأن العاكس المعدني يعكس بنفس الطريقة التي يعكس بها الضوء تماما .

والسؤال هنا هو كيف تصل الينا أشعة الشمس وما تحمله من حرارة ؟

تنتقل هذه الأشعة علي هيئة موجات كهرومغناطيسية وهي ذات طاقة ولا تحتاج الي وسط مادي لانتقالها بل تنتقل في الفراغ اضافة الي انتقالها في بعض الأوساط المادية .

ومن هنا ندرك أن الحرارة تنتقل بما يسمي بالإشعاع أي علي هيئة موجات كهرومغناطيسية.

7-7 التمدد الحراري للجوامد Expansion of solids

إذا سخنت مادة سواء كانت جامدا، أم سائلا، أم غازا، فإنه بوجه عام سوف تتمدد. وهناك ثلاثة أنواع من التمدد وهي التمدد الطولي، والتمدد السطحي، والتمدد الحجمي وسوف تدرس هنا التمدد الطولي بشكل مختصر

التمدد الطولي للجوامد :-

وجد بالتجربة انه أذا سخن سلك معدني طوله الأصلي L_1 من درجة حرارة T_1 إلي درجة حرارة T_2 فإنه سوف يتمدد وتكون الاستطالة الناتجة للسلك تتناسب تناسبا طرديا مع ارتفاع درجة حرارته $(T_2\text{-}T_1)$ وكذلك طرديا مع الطول الأصلي للسلك أي أن:

$$\Delta L \propto T_2 - T_1$$
$$\Delta L \propto L_1$$
$$\Delta L = \alpha L_1 (T_2 - T_1)$$
$$\boxed{\Delta L = \alpha L_1 \Delta T} \qquad (7\text{-}6)$$

$$\Delta L = L_2 - L_1$$
$$\therefore L_2 - L_1 = \alpha L_1 (T_2 - T_1)$$
$$L_2 = L_1 + \alpha L1 (T_2 - T_1)$$
$$L_2 = L_1 [1 + \alpha (T_2 - T_1)] \qquad (7\text{-}7)$$

حيث ΔL تمثل الاستطالة في السلك أي طوله الجديد بعد التمدد مطروحا منه طوله الأصلي قبل التمدد وα هو معامل التمدد الطولي للسلك ووحدة قياسه $^0C^{-1}$.

الجدول (7-1) يوضح المعاملات الطولية للتمدد الحراري لبعض المواد:

جدول (7-1) المعاملات الطولية للتمدد الحراري

المادة	$\alpha C^{0-1} x10^{-6}$	المادة	$\alpha C^{0-1} x10^{-6}$
الألمنيوم	25	قرميد وخرسانة	10
شبة	18	حديد	12
نحاس أصفر	19	بلاتين	9
زجاج (لين)	9	فضة	18
زجاج (بيركس)	3	كوارتز	0.4
ماس	1.2	ذهب	14

مثال (7-4)

عمود زجاج بيركس مجلخ ومصقول طوله 10cm عندما كانت درجة حرارة الغرفة ^{0}C 20. إذا رفعت درجة حرارة هذا العمود إلى ^{0}C 420، احسب

b. قدر الاستطالة.

c. الطول الجديد للسلك بعد رفع درجة حرارته من ^{0}C 20 إلى ^{0}C 420.

الحل:

(a

$$\Delta L = \alpha L_1 [T_2 - T_1]$$
$$\Delta L = 3\times10^{-6} \times (420 - 20)$$
$$= 3\times10^{-6} \times 10 \times 400$$
$$\Delta L = 0.012cm$$

(b

$$L_2 = L_1[1 + \alpha(T_2 - T_1]$$
$$L_2 = 10[1 + 3\times10^{-6}(420 - 20)]$$
$$L_2 = 10.012cm$$

بعض التطبيقات على تمدد الأجسام الجامدة:

إن لخاصية تمدد الأجسام الجامدة بتأثير الحرارة وانكماشها عندما تبرد تطبيقات هامة في الصناعة والمنشآت المختلفة. ومن ذلك ما يلي :

1- عند مد قضبان السكك الحديدية تترك مسافات صغيرة بين طرفي كل قضيبين متجاورين كي تسمح بتمدد القضبان في فصل الصيف.

2- تمد أسلاك الكهرباء على الأعمدة بحيث تكون مرتخية قليلاً حتى لا تؤثر على الأعمدة أو تنقطع عندما ينكمش طولها في فصل الشتاء.

3- عند إقامة الجسور الفولاذية الطويلة يراعى ترك مسافات صغيرة بين أطراف الجسور والدعامات التي ترتكز عليها وتكون إحدى نهايتي الجسر محمولة على عجلات تسمح للفولاذ بالتمدد.

4- وفي البناء يراعى أن يكون معامل تمدد الحديد مساوياً لمعامل تمدد المزيج المكون من الأسمنت والرمل والحجر وإلا تفتت الأسمنت بسبب التمدد والانكماش .

5- صناعة الترموستات (الازدواج المعدني) وهو عبارة عن قضيبين مختلفين في النوع متلاصقين يختلف الواحد منها عن الآخر بمعامل تمدده ، فعندما يسخن الازدواج المعدني يتمدد أحد القضيبين أكثر من الآخر فينحني القضيب ، لذلك يستخدم الترموستات (الازدواج المعدني) في الكهرباء مثلاً في وصل التيار الكهربائي أو قطعة.

مسائل على الفصل السابع

4- إذا كانت قراءة ترمومتر مئوي $35\ ^0C$، فما هي قراءة ترمومتر فهرنهيتي في نفس الغرفة ؟

5- ما هي درجات الحرارة علي المقياس المئوي التي تكافئ الدرجات التالية:

$-40\ ^0F,\ 95\ ^0C,\ 377\ ^0K,\ 50\ ^0F$

6- ما هي درجة الحرارة علي التدريج الفهرنهيتي في يوم تكون فيه درجة الحرارة $-10\ ^0C$ ؟

7- ما هي كمية الحرارة المنطلقة عندما يبرد 20gm من الماء من درجة حرارة $90\ ^0C$ إلى $30\ ^0C$ ؟ علما بأن الحرارة النوعية للماء هي $1cal/g.^0C$ ؟ (الجواب $Q= -1200cal$)

8- احسب كمية الحرارة اللازمة لتغير درجة حرارة 10gm من الرصاص ($S=0.031\ cal/g\ ^0C$) من $20\ ^0C$ الي $100\ ^0C$ ؟

9- قضيب مصنوع من الفضة، طوله 5cm تماما عند درجة حرارة 20^0C. احسب طوله عندما تكون درجة الحرارة $30^0\ C$ علما بأن معامل التمدد الطولي للفضة هي $\alpha=18\times10^{-6}\ ^0C^{-1}$، ثم احسب الاستطالة ألناشئه نتيجة هذا التغير في درجة الحرارة.

10- سلك من النحاس طوله 250m في الصيف حيث درجته 40^0C، فكم طول هذا السلك في الشتاء حيث درجة حرارته 10^0C، علما بأن $\alpha=1.7\times10^{-5}\ ^0C^{-1}$

References:

1- Physics for Scientists and Engineers (with PhysicsNOW and InfoTrac), Raymond A. Serway - Emeritus, James Madison University , Thomson Brooks/Cole © 2004, 6th Edition, 1296 pages.

2- مبادئ الفيزياء العامة، د. عقيل مهدي كاظم، الطبعة الأولى، 2009

3- محاضرات فيزياء عامة، الدكتور عبدالحي صلاح، جامعة الملك سعود

http://faculty.ksu.edu.sa/AbdelhaySalah/Arabic/Documents/Forms/AllItems.aspx

4- محاضرات فيزياء عامة 102 للدكتور محمد مرسي،

http://faculty.ksu.edu.sa/elmorsy/Pages/102physics.aspx