جامعـــة الأنبـــار

المركز/ مركز بحوث المواد النانوية

قســـــــم او الفرع/ قسم المواد النانوية المتقدمة

المرحلـــة / الثانية

أستـاذ المادة: أ.م. د مازن حامد حسن القيسي

اسم المادة باللغة العربية: الفيزياء العامة

اسم المادة باللغة الإنكليزية: General physics

أسم المحاضرة الأولى باللغة العربية: الحرارة كطاقة

أسم المحاضرة الأولى باللغة الانجليزية: Heat as an energy

محتوى المحاضرة السادسة

٤-١ الحرارة كطاقة Heat as an energy

هل الحرارة صورة من صور الطاقة؟

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.

ماذا يحدث إذا أُعطِيَت هذه الطاقة الحرارية إلى مادة ما؟

من الواضح أن 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

نفرض أن لدينا جسما ما ونريد رفع درجة حرارة الجسم كله درجة مئوية واحدة، فإن كمية الحرارة التي يُزَوَد بها الجسم تسمى السعة الحرارية للجسم 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*.

تعريف السعة الحرارية لجسم

هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة الجسم درجة مئوية واحدة.

$$\boxed{C=\frac{\Delta Q}{\Delta T}} \qquad (4\text{-}12)$$

حيث Q هي كمية الحرارة.

الحرارة النوعية لمادة Specific heat

يلاحظ أن السعة الحرارية لجسم تختلف 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.

$$\boxed{S = \frac{\Delta Q}{m\Delta T}} \qquad (4\text{-}13)$$

من المعادلة (4-11) نجد أن

$$\boxed{S = \frac{C}{m}} \qquad (4\text{-}14)$$

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

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

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

إذا أُعطي الجسم كمية حرارة dQ لرفع درجة حرارة كتلة m من المادة بمقدار dT فإن:

$$dQ = SmdT \qquad (4\text{-}15)$$

$$\int_0^Q dQ = \int_{T_i}^{T_f} SmdT = mS\int_{T_i}^{T_f} dT \qquad (4\text{-}16)$$

$$Q = mS(T_f - T_i) = mS\Delta T \qquad (4\text{-}17)$$

$$\boxed{Q = mS\Delta T} \qquad (4\text{-}18)$$

$$\boxed{Q = C\Delta T} \qquad (4\text{-}19)$$

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

العلاقتين السـابقتين يمكن من خلالهما حسـاب كمية الحرارة التي تكتسـبها أو تفقدها كتلة m *من المادة عندما تتغير درجة حرارتها من* T_i إلى T_f بشـرط عدم تغير حالة المادة من صـورة إلى أخرى. أما إذا تغيرت حالة

المادة من صـــورة إلى أخرى فإن العلاقة الســـابقة لا يمكن اســـتخدامها أثناء عملية التحول وذلك لأن درجة الحرارة خلال هذه العملية ستبقى ثابتة، ويمكن حساب كمية الحرارة المكتسبة أو المفقودة خلال عملية التحول من العلاقة التالية:

$$\boxed{Q = mL} \qquad (4\text{-}20)$$

حيث L هي الحرارة الكامنة ووحدة قياسها في النظام c.g.s هي Cal/gm.

تعريف الحرارة الكامنة Latent heat

هي كمية الحرارة اللازمة لتحويل جرام واحد من المادة من حالة إلى أخرى.

ملاحظة:

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

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

٢- 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 (٤-٣)

ما هي كمية الحرارة اللازمة لتحول قطعة من الثلج كتلتها $720gm$ ودرجة حرارتها $-10C^0$ إلي الحالة السائلة عند درجة حرارة $15C^0$ ؟ مع العلم أن

$$S_{ice} = 2220J/kg.k^0, L = 333KJ/Kg$$
$$S_{water} = 4190J/kg.k^0$$

الحل:

المرحلة الأولى: التحول من ثلج عند $-10C^0$ إلى ثلج عند $0C^0$

$$Q_1 = ms\Delta T = ms(T_c - T_i)$$
$$T_i = -10C^0$$
$$T_f = 0C^0$$
$$Q_1 = .72 \times 2220 \times (0 - (-10)) = 15984J$$

المرحلة الثانية: التحول من ثلج عند $0C^0$ إلى ماء عند $0C^0$

$$Q_2 = ml$$
$$Q_2 = 0.72 \times 333 \times 10^3 = 239760J$$

المرحلة الثالثة: التحول من ماء عند $0C^0$ إلى ماء عند $15C^0$

$$Q_3 = ms(T_f - T_i)$$
$$T_i = 0C^0$$
$$T_f = 15C^0$$
$$Q_3 = 0.72 \times 4190 \times (15 - 0) = 45252J$$

$$\therefore Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 300996J$$

مثال (٤-٣)

كرة من النحاس كتلتها $m=75gm$ سـخنت إلى درجة حرارة $T=312c$. أسـقطت الكرة داخل كأس زجاجي يحتوي علي ماء كتلته $m=220gm$ وكانت السـعة الحرارية للكأس الزجاجي $c=45\ cal/k$ ودرجة الحرارة الابتدائية للماء والزجاج $T=12^0C$. جد درجة الحرارة النهائية T لكرة النحاس والكأس الزجاجي والماء عند الوصول الى حالة الاتزان الحراري مع العلم أن:

$$s = 0.092\, cal/g.k, sw = 1cal/g.^0k$$
$$m_{copper} = 75gm, \quad T_{copper} = 3120c$$
$$m_{water} = 220gm, \quad C_{beaker} = 45cal/k^0$$
$$T_i = 12$$

الحل:

كمية الحرارة المكتسبة =كمية الحرارة المفقودة

$$Q_{copper} = Q_{water} + Q_{beaker}$$
$$m_c s_c (T_i - T_f) = m_w s_w (T_f - T_i) + c_b (T_f - T_i)$$
$$75 \times 0.092(312 - T_f) = 220 \times 1(T_f - 12) + 45(T_f - 12)$$
$$2152.8 - 6.9T_f = 220T_f - 2640 + 45T_f - 540$$
$$5332.8 = 271.9Tf$$
$$\therefore T_f = 19.61^{\circ} c$$

٤-٢ انتقال الحرارة Transmission of heat

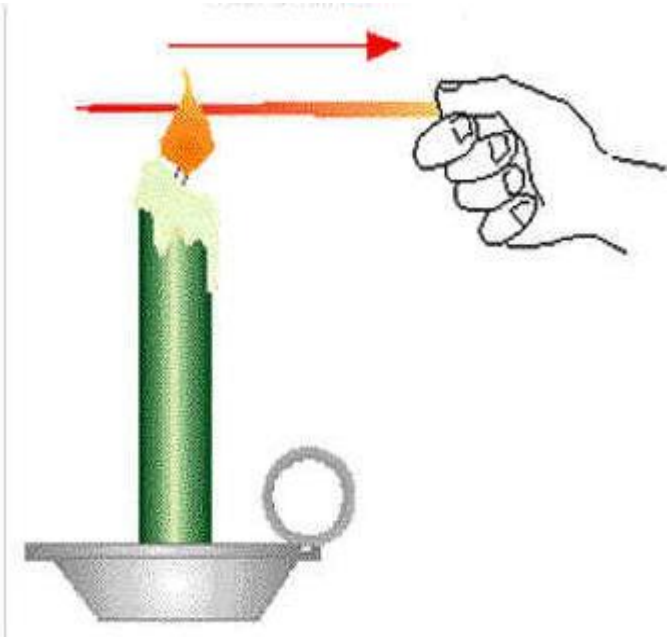
يوجد ثلاثة طرق مختلفة تنتقل فيها الحرارة من مكان إلي أخر، وهذه الطرق هي:-

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 ٤-٢). 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

الموضـــوع في النار بالاشـــتعال. أي أن المعدن جيد التوصـيل للحرارة في حين أن الخشب رديء التوصيل للحرارة. وتستعمل كلمة "التوصـــيل" لتعني الانتقال الحراري في المواد الصلبة.



شكل (٤-٢)

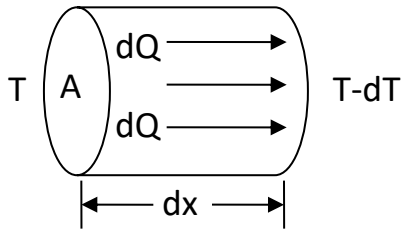
التوصيل الحراري

ويعرف التوصيل الحراري كالتالي:

هي تلـك العمليـة التي يتم فيهـا انتقـال الحرارة من نقطـة إلي أخري خلال المواد الصـــلبـة دون أن تنتقل جزئيـات المـادة نفسها.

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

نفترض أن لدينا مقطعا من قضـــيب معدني ســـمكه dx ومســـاحة مقطعة A ودرجة حرارة احد طرفيه T والطرف الأخر $T\text{-}dT$ كما هو موضح في الشكل المجاور .



شكل (٤-٣)

معدل سريان الحرارة (كمية الحرارة التي تسري خلال وحده زمن) تتناسب:

١- طرديا مع مساحة المقطع العرضي للقضيب A.

$$\frac{dQ}{dt} \propto A \qquad (4\text{-}21)$$

٢- طرديا مع الفرق في درجتي حرارة الطرفين

$$(T - dT) - T = -dT$$

$$\frac{dQ}{dt} \propto -dT \qquad (4\text{-}22)$$

٣- عكسياً مع السمك dx

$$\frac{dQ}{dt} \propto \frac{1}{dx} \qquad (4\text{-}23)$$

مما سبق نستنتج أن

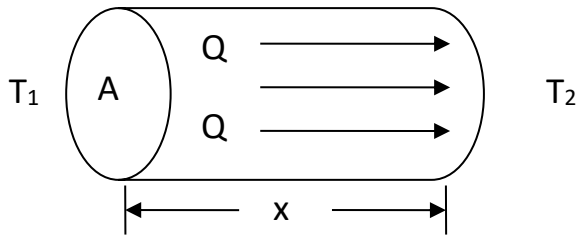
$$\frac{dQ}{dt} \propto -A\frac{dT}{dx}$$

$$\frac{dQ}{dt} = -kA\frac{dT}{dx} \qquad (4\text{-}24)$$

حيث k مقدار ثابت يعرف بمعامل التوصيل الحراري (the coefficient of thermal conductivity)

ووحدة قياسه $cal\ cm^{-1}\ sec^{-1}\ c^{0-1}$

الكمية dT/dx تمثل معدل تغير درجة الحرارة بالنسبة للمسافة٠ فعندما تقل درجة الحرارة بزيادة المسافة من الطرف الساخن للقضيب فإن الكمية dT/dx سالبة وتسمي تدرج درجة الحرارة .



شكل (٤-٤)

والآن إذا كان القضـيب المعدني طوله x ودرجة حرارة طرفيه هما T_1,T_2 كما هو موضـح بالشـكل (٤-٤) فإنه في حالة الاستقرار نجد إن:

$$\boxed{\frac{dQ}{dt} = -kA\frac{T_2 - T_1}{x}} \quad (4\text{-}25)$$

$$\boxed{\frac{dQ}{dt} = kA\frac{T_1 - T_2}{x}} \quad (4\text{-}26)$$

يمكن الوصـول إلي حالة الاستقرار وذلك بعزل القضـيب المعدني عن الوسـط الخارجي كي لا يكون هناك فقد في الطاقة الحرارية وأيضـا عندما نصـل إلي درجتي حرارة ثابتتين عند طرفي القضـيب عليه يكون الفرق بين درجتي الحرارة T_2,T_1 مقدارا ثابتا وهذا الشـرط لا يتحقق إلا بتحقق الشـرط الأول (شـرط العزل عن الوسـط المحيط) .

يمكن حساب كمية الحرارة المارة في القضيب خلال فترة زمنية من العلاقة

$$\boxed{Q = kA\frac{T_1 - T_2}{x}t} \quad 4\text{-}26)($$

الحمل convection

تنتقل الحرارة أيضـا خلال الماء ، ويسمي انتقال الحرارة في السوائل "بالحمل" فعند تسـخين كمية من الماء في وعاء فإن الماء القريب من قاع الوعاء يصـبح أكثر سـخونة 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 السـاخن

يرتفع إلي اعلي بينما يهبط الماء البارد إلي أسـفل أي أن الحرارة تنتقل إلي أجزاء السـائل الأخرى في الإناء بحركة السـائل السـاخن . أذن الحمل عبارة عن حركة السـائل ، ولكن من الممكن ملاحظة انتقال الحرارة بالحمل في الغازات نتيجة لحركة الغاز السائل .

الإشعاع Radiation

يمكن أن تنتقل الحرارة في المواد بطريقة ثابتة وهي الإشـعاع فحرارة الشـمس تصـل ألينا بانتقالها خلال الفراغ الموجود بين الأرض والشـمس فنشـعر بالدف وفي الحقيقة فإن الحرارة تنتقل الينا من الشـمس بنفس طريقة انتقال الضـوء لذلك فعندما يحدث كسـوف الشـمس ينقطع الضـوء والحرارة في نفس اللحظة . هذه الطريقة لانتقال الحرارة تسـمي "الإشـعاع" وعندما تجلس أمام مدفأة كهربية فانك تحس بالاشـعاع 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 ؟

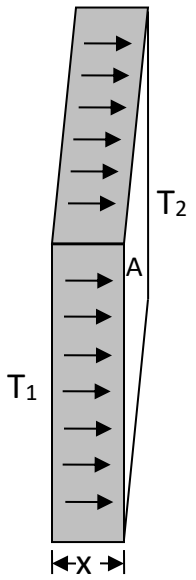
تنتقل هذه الأشعة علي هيئة موجات كهرومغناطيسية وهي ذات طاقة ولا تحتاج الي وسط مادي لانتقالها بل تنتقل في الفراغ اضافة الي انتقالها في بعض الأوساط المادية .

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

مثال (٤-٤)

الشكل (٤-٥) يمثل شريحة معدنية سمكها $2.0cm$ ومساحة سطحها $200cm^2$ فإذا كان الفرق في درجات الحرارة بين السطحين المتقابلين يساوي 100^0C جد كمية الحرارة التي ستنتقل خلال الشريحة في زمن قدره دقيقة واحدة علما بان $k=0.2$ c.g.s units

الحل:



شكل (٤-٥)

$$k = .2cgs$$
$$A = 200cm^2$$
$$x = 0.2cm$$
$$T_1 - T_2 = 100^0$$
$$t = 1\min = 60\sec$$
$$Q = kA\frac{T_1 - T_2}{x}t$$
$$Q - 0.2 \times 200 \times \frac{100}{0.2} \times 60$$
$$Q = 12 \times 10^5 cal$$

مثال (٤-٥)

قضيب طوله $30cm$ ومساحة مقطعه العرضي $5cm^2$ يتكون من جزئيين متساويين في الطول . الجزء AB من النحاس والجزء BC من الحديد ونقطة اتصالهما هي النقطة B كما هو مبين في الشكل (٤-٦). الطرف A محفوظ عند درجة حرارة $200\ ^0C$ والطرف C عند درجة حرارة $0\ ^0C$. إذا كانت جوانب القضـيب معزولة حراريا احسب معدل سريان الحرارة على طول القضيب وذلك عند الوصول إلي حالة الاستقرار علما بأن:

$$K_1 = K_{copper} = 0.9 \quad c.g.s \quad unit$$
$$K_2 = K_{iron} = 0.12 \quad c.gs \quad unit$$

$$K_1 = K_{copper} = 0.9 \quad c.g.s \quad unit$$
$$K_2 = K_{iron} = 0.12 \quad c.gs \quad unit$$

الحل:

$$x_1 = 15cm, \quad x_2 = 15\,cm$$
$$A = 5cm^2$$
$$(\Delta T)_1 = 200 - T, \quad (\Delta T_2) = T - 0$$
$$K_1 = 0.9 \quad c.g.s \quad copper$$
$$K_2 = 0.12 \quad c.g.s \quad iron$$

بما أن حالة الاســـتقرار قد تم الوصـــول إليها فان معدل ســـريان الحرارة خلال الجزء الأول AB يساوي معدل سريان الحرارة خلال الجزء الثاني BC وعليه فإن:

$$(\frac{dQ}{dT})_1 = (\frac{dQ}{dT})_2$$
$$\frac{k_1 A(200-T)}{x_1} = \frac{k_2 A(T-0)}{x_2}$$
$$0.9(200-T) = 0.12(T)$$
$$T = 176.47^0 c$$

بعد الوصول إلى حالة الاستقرار فان معدل سريان الحرارة يكون متساوي في كلا الجزأين وعليه فان

$$(\frac{dQ}{dT}) = k_1 A \frac{(T_1 - T)}{x_1}$$
$$= \frac{0.9 \times 5 \times (200 - 176.47)}{15} = 7.059 cal/\sec$$