جامعة الملك سعود
كلية العلوم
قسم الفيزياء والفلك

جامعة الملك سعود
King Saud University

فيزياء عامة (2) فيز 102

الفصل التاسع عشر: انتقال الحرارة

The Transfer of Heat

الفصل التاسع عشر: انتقال الحرارة
The Transfer of Heat

مقدمة	1-19
التوصيل الحراري	2-19
الحمل الحراري	3-19
الإشعاع الحراري	4-19

1-19 مقدمة

تنتقل الحرارة تلقائيا من الاجسام ذات درجات الحرارة المرتفعة إلى الأجسام ذات درجات الحرارة الأقل. ويستمر الإنتقال حتى تحدث عملية اتزان حرارى بين الجسمين ، أى تكون درجة الحرارة للجسم الأول مساوية لدرجة حرارة الجسم الثاني. و بالمثل يقع بين جسم الإنسان ومحيطه.

وعندما نريد ضبط درجة حرارة المحيط لتحقيق راحة الإنسان ، يجب أن يكون هناك نوع من التبادل الحراري، كالتسخين حين يكون الجو باردا أو التبريد حينما حارا في فصل الصيف.

- سندرس في هذا الفصل:

عملية انتقال الحرارة بكيفيات مختلفة :

1- التوصيف الحراري

2- الحمل الحراري

3- الإشعاع الحراري

ويمكن أن تتنقل الحرارة بمجموع هذه الطرق في نفس الوقت .

2-19 التوصيل الحراري

هو انتقال الحرارة عن طريق تبادل الطاقة الحرارية بين جزيئات الوسط دون انتقال لهذه الجزيئات .

فعندما يوجد فرق في درجة الحرارة بين نقطتين في جسم ما , فإن الحرارة تسري من النقطة الساخنة إلى النقطة الباردة حيث أن طاقة الجزيء تتناسب الساخنة إلى النقطة الباردة

فعندما نسخن عامود حديدي من جهة، فالحرارة تنتقل بفعل التوصيل الحراري إلى الجهة الأخرى الباردة .

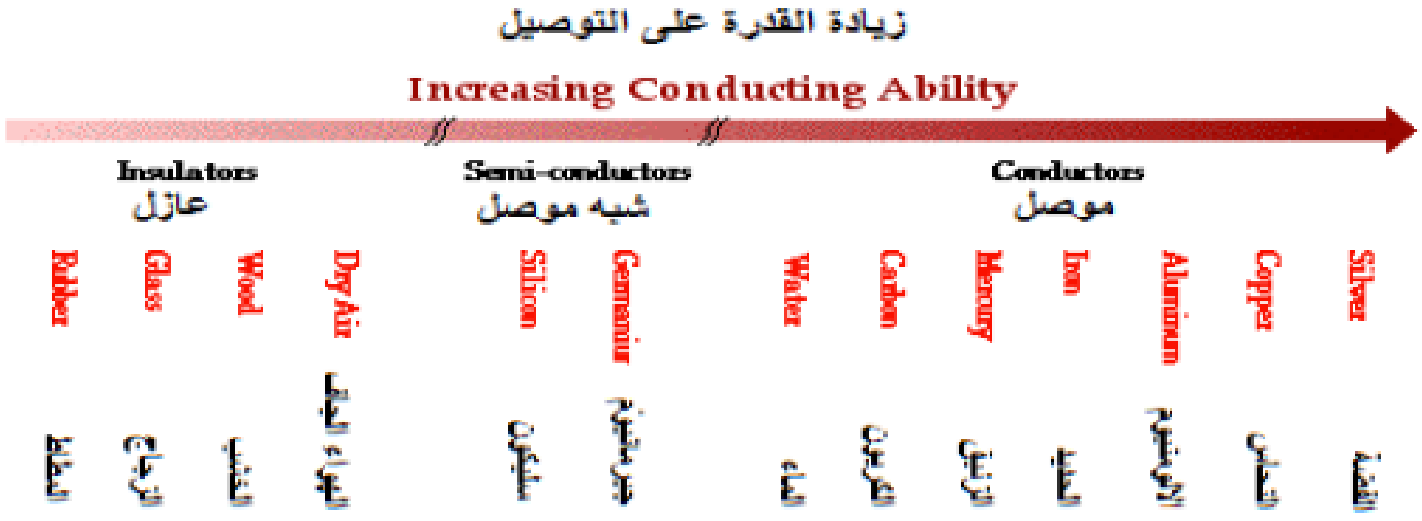
إن آلية انتقال الحرارة بواسطة التوصيل الحراري آلية معقدة و تختلف من مادة إلى أخرى .

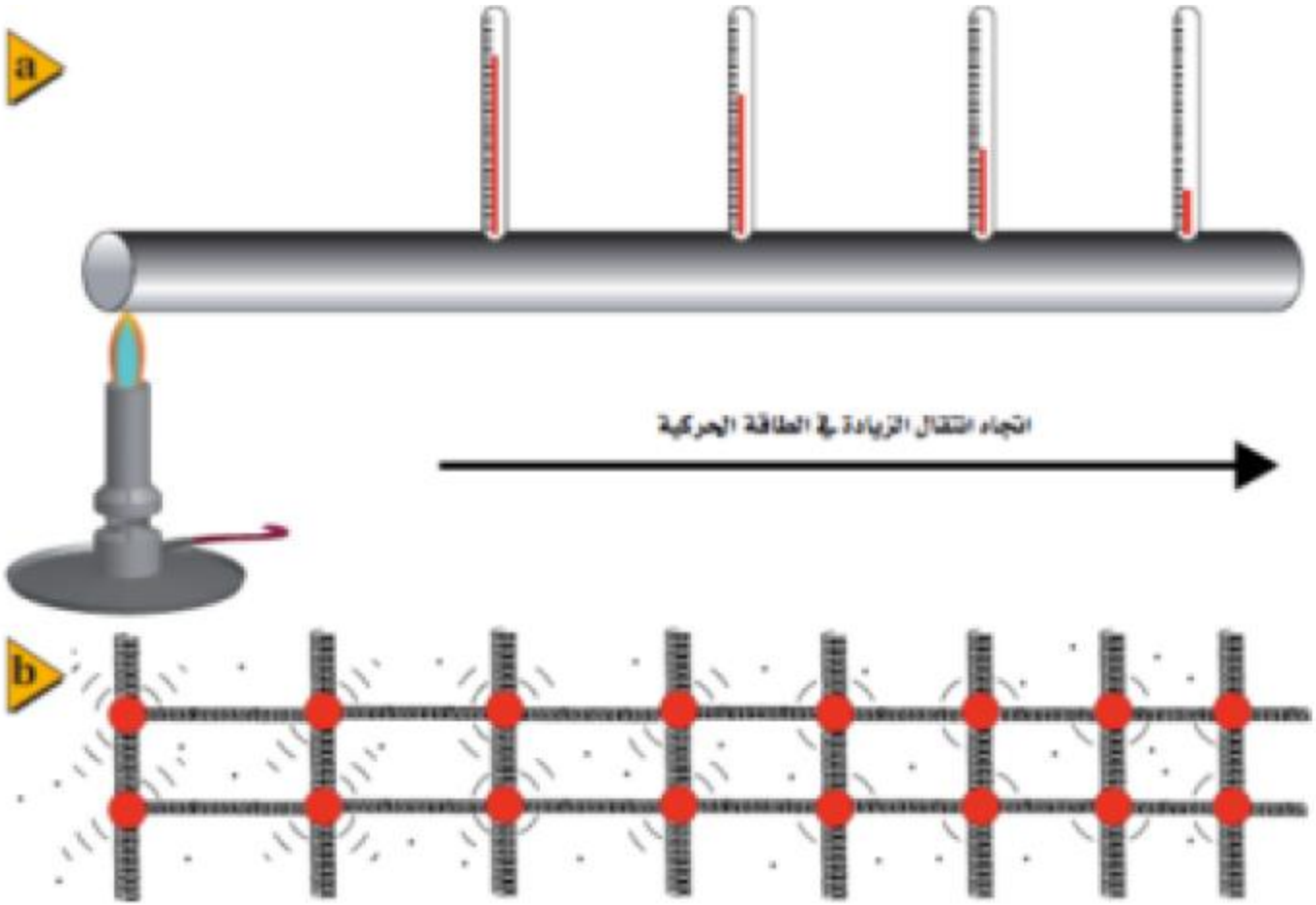
و تصنف المواد بشكل عام ثلاثة اقسام :

١– الفلزات : تكون جيدة التوصيل الحراري (مثل : النحاس و الفضة و المعادن بشكل عام)

٢– المواد العازلة : تكون رديئة التوصيل الحراري (مثل الخشب و الزجاج)

٣– أشباه الموصلات : و تكون حالة وسط في التوصيل الحراري بين الفلزات و المواد العازلة و تتحسن قدرتها على التوصيل الحراري مع ارتفاع درجة الحرارة , (مثل الكربون و الجرمانيوم)


زيادة القدرة على التوصيل
Increasing Conducting Ability
Conductors
موصل
Semi-conductors
شبه موصل
Insulators
عازل
Silver
الفضة
Copper
النحاس
Aluminum
الألمنيوم
Iron
الحديد
Mercury
الزئبق
Carbon
الكربون
Water
الماء
Germanium
جرمانيوم
Silicon
سليكون
Dry Air
الهواء الجاف
Wood
الخشب
Glass
الزجاج
Rubber
المطاط


a
اتجاه انتقال الزيادة في الطاقة الحركية
b

و يتم نقل الحرارة فى عملية التوصيل بإحدى طريقتين آو بهما معا :

١-بواسطة الالكترونات االحرة داخل المادة : كما فى الفلزات . وعندما تكتسب هذة الالكترونات طاقة حرارية تزداد طاقتها الحركية ، وتتحرك إلى المناطق ذات درجات الحرارة الأقل وتتصادم بالألكترونات الموجودة فيها ناقلة إليها جزء من طاقتها الحركية مما يؤدى إلى ارتفاع درجة حرارتها .

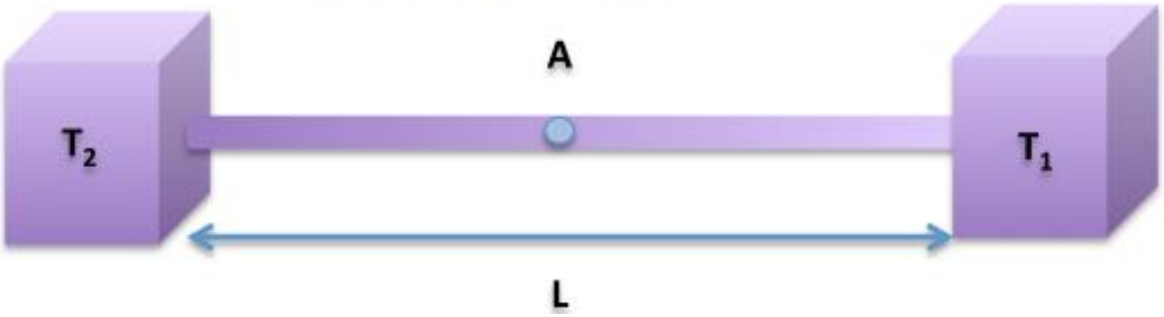
٢- بواسطة الجزيئات المكونة للجسم :اذ تكتسب الجزيئات الموجودة فى الطرف الساخن طاقة حركية مما يزيد من سعات ذبذباتها حول مواقعها ، وتتصادم مع جاراتها من الجزيئات التى تكتسب بدورها طاقة تنقلها هى الاخرى إلى جاراتها وهكذا .

- غالبا المواد ذات التوصيل الحراري الجيد تكون ذات توصيل كهربائي جيد .
- الجزء الاكبر فى عملية التوصيل الحرارى فى الفلزات يتم بواسطة الالكترونات الحرة .
- في المواد العازلة التي لا تحتوى على الكترونات حرة فإن التوصيل يتم بواسطة ذبذبة جزيئاتها .

تختلف درجة عملية التوصيل الحرارى حسب نوع المادة :

فتكون في : الجوامد 〉 السوائل 〉 الغازات

١-التوصيل الحرارى خلال قضيب معدني (قانون فوريير) :



حساب كمية الحرارة المنسابة عبر قضيب معدنى:

نفرض قضيب معدني مساحة مقطعها A و طولة L . تم تثبيته من طرفيه عند درجتي حرارة T_1 وT_2 كما في الشكل. :

١- عند االتزان الحرارى تنتقل الحرارة بمعدل ثابت من الطرف الساخن إلى الطرف البارد وكمية الحرارة المنسابة ΔQ تتناسب طرديا مع مساحة المقطع A أي أن : $\Delta Q \propto A$

٢-كمية الحرارة المنسابة تتناسب تناسبا طرديا مع الفرق بين درجتى حرارة الطرفين فكلما زاد الفرق زادت كمية الحرارة المنسابة أي أن : $\Delta Q \propto (T_2 - T_1)$

٣-كلما زادت الفترة الزمنية t زادت كمية الحرارة المنسابة أى أن : $\Delta Q \propto t$

٤- تأثير الطول L على كمية الحرارة المنسابة تاثير عكسي إذ أنه كلما ازداد طول القضيب المعدني انخفضت كمية الحرارة المنسابة و نكتب : $\Delta Q \propto 1/L$

وبتجميع العلاقات السابقة فإن كمية الحرارة المنسابة :

$$\Delta Q = k\, A t \frac{(T_2 - T_1)}{L} \quad (1)$$

حيث k ثابت التناسب ويطلق علية اسم (التوصلية الحرارية) أومعامل التوصيل الحراري وهو يعتمد على نوع المادة

تعريف التوصيلية الحرارية :

كمية الحرارة المنسابة فى الثانية الواحدة عبر وحدة المساحة عند وجود فرق فى درجة الحرارة قدره درجة واحدة .

و يقاس بوحدة

$$JS^{-1}m^{-1}K^{-1}$$

او

$$Wm^{-1}K^{-1}$$

أو

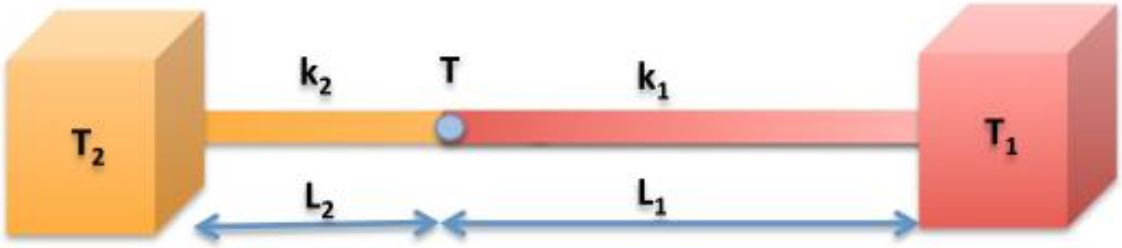
$$Wm^{-1}C$$

قيم التوصيلية الحرارية لبعض المواد الشائعة:

قيم التوصيليّة الحراريّة لبعض المواد الشائعة

المادة	التوصيلية الحرارية W/m.°C	المادة	التوصيلية الحرارية W/m.°C
فلزات عند 25 °C		الثلج	2.0
الألمونيوم	238	المطّاط	0.2
النحاس	397	الماء	0.6
الذهب	314	الخشب	0.08
الحديد	79.5	غازات عند 20 °C	
الرّصاص	34.7	الهواء	0.0234
الفضّة	427	الهيليوم	0.138
مواد عازلة: (قيم تقريبية)		الهيدروجين	0.172
الزّجاج	0.8	النيتروجين	0.0234
الخرسانة	0.8	الأكسجين	0.0238

٢-التوصيل الحرارى عبر قضيبين معدنيين مكون من مادتين مختلفتين:



- حساب كمية الحرارة المنسابة عبر قضيب معدنى مكون من مادتين مختلفتين:

١-إذا كانت درجة حرارة نقطة الاتصال بين الساقين T فإن معدل كمية الحرارة التي تنتقل خلال الساق L_1

$$\left(\frac{\Delta Q}{\Delta t}\right)_1 = H_1 = k_1 A \frac{(T - T_1)}{L_1}$$

٢-إذا كانت درجة حرارة نقطة الاتصال بين القضيبين T فإن معدل كمية الحرارة التي تنتقل خلال الساق L_2

$$\left(\frac{\Delta Q}{\Delta t}\right)_2 = H_2 = k_2 A \frac{(T_2 - T)}{L_2}$$

عندما تصل المنظومة إلى الحالة المستقرة أي

$$H_1=H_2=H$$

$$k_1 A \frac{(T-T_1)}{L_1} = k_2 A \frac{(T_2-T)}{L_2}$$

$$T = \frac{k_1 L_2 T_1 + k_2 L_1 T_2}{(L_1/k_1) + (L_2/k_2)}$$

$$H = \frac{A(T_2-T_1)}{(L_1/k_1) + (L_2/k_2)} \quad (2)$$

و بشكل عام و من أجل قضيب معدني يتكون من عدة مواد مختلفة عددها n و سماكتهاوL_n.... L_1 ,L_2
و معامل توصيلها للحرارة هو
k_n,.....k_2,k_1

فإن معدل الحرارة المنسابة عبر القضيب المعدني :

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = H = \frac{A(T_2-T_1)}{\sum L_n/k_n} \quad (3)$$

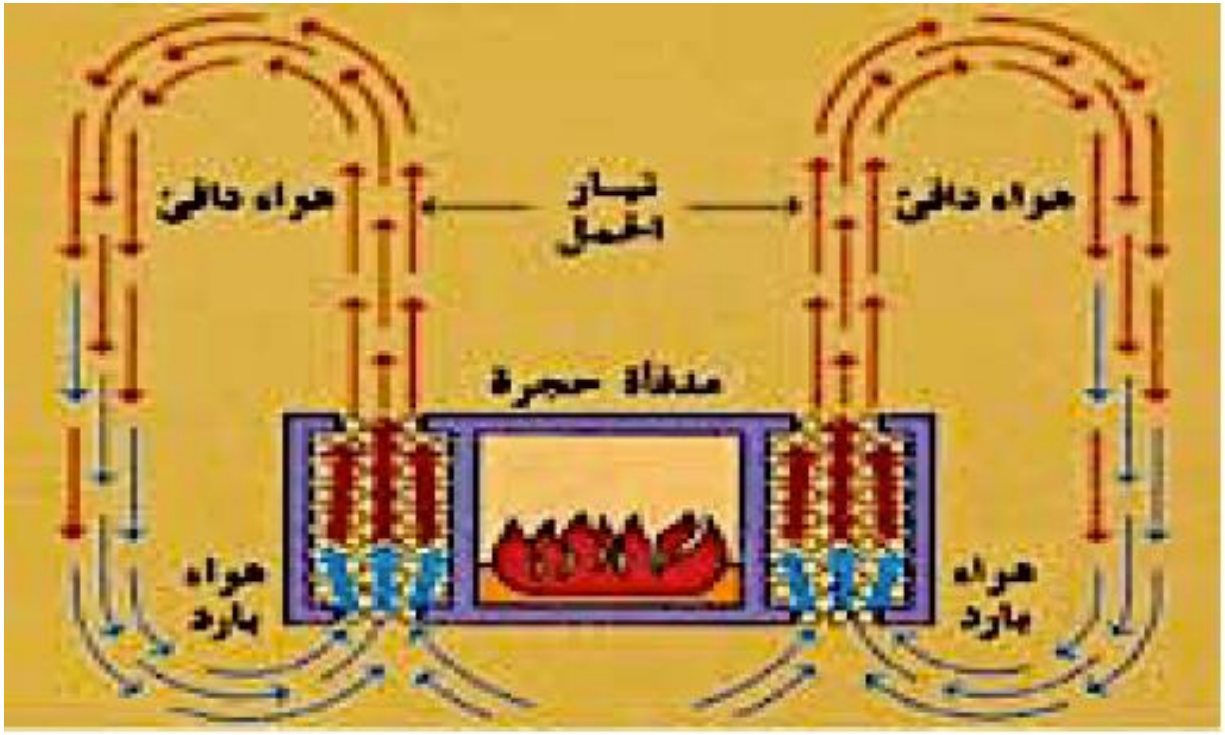
3-19 الحمل الحراري

وهو أساس انتقال الحرارة في الموائع, حيث تطفو الاجزاء الساخنة والتى تقل كثافتها إلى الأعلى و الاجزاء الباردة تحل محلها وينتج عن هذه العملية تبادل حراري يُسمى الحمل الحراري.

فإذا وضعنا إناء به ماء على لهب فإن قعر الإناء يسخن , و بالتالي يسخن الماء الملامس له , فيتمدد و تقل كثافته و بذلك يرتفع إلى أعلى و يحل محله ماء بارد(الأكبر كثافة), تتكون داخل الإناء تيارات الحمل.

وهذا النوع من الحمل ويسمى **الحمل الحر** :والذى يعتمد على الاختلافة فى الكثافة .

أما النوع الثانى من الحمل فيسمى **الحمل القسرى** : وهو يتم بواسطة حمل الجزيئات على الحركة بواسطة قسر الجزيئات على الحركة بواسطة مؤثر خارجى مثل مروحة أو مضخة تفريغ .



∴إن انتقال الحرارة بالحمل يقتضي أن تغادر الجزيئات الساخنة أماكنها ناقلة معها الحرارة إلى الجزيئات الباردة, و هي تختلف عن انتقال الحرارة بطريقة التوصيل حيث الجزيئات لا تغادرأماكنها بل تهتز في أماكنها .

- انتقال الحرارة بالحمل لا يحدث إلا في السوائل و الغازات حيث تكون الجزيئات حرة الحركة.
- يستمر تيار الحمل حتى يصل كل الغاز أو السائل إلى نفس درجة الحرارة.

في حالة الاتصال بين سطح ساخن و مائع , فإن الحرارة تنتقل بواسطة (التوصيل الحراري)من السطح الصلب إلى المائع خلال الطبقة الملاصقة للسطح , ثم بواسطة(الحمل الحراري)خلال المائع نفسه و هناك جزء ضئيل جدا من الحرارة يمكن اهماله و هو يتم بواسطة (الإشعاع) من السطح الساخن إلى المائع .

وتعطى كمية الحرارة ΔQ المنتقلة من السطح الصلب إلى السائل خلال فترة زمنية Δt بـ:

$$\Delta Q = h_c .A. \Delta T. \Delta t \quad (4)$$

حيث A مساحة السطح ، ΔT الفرق بين درجة حرارة السطح ودرجة حرارة المائع ، كما يتضمن h_c معامل الحمل الحرارى , و هو يتضمن التوصيل خلال الطبقة الرقيقة الملاصقة للسطح , كما يتضمن الحمل خلال المائع نفسه .

و يعتمد معامل الحمل الحراري h_c على عوامل عدة :

١-شكل السطح (مستو , مقوس , كروي , أو غير ذلك)

٢-وضع السطح (أفقي , رأسي , مائل)

٣-نوع المائع (سائل , غاز) و خصائصه مثل الكثافة

و معامل لزوجته و توصيلته الحرارية , و حرارته النوعية .

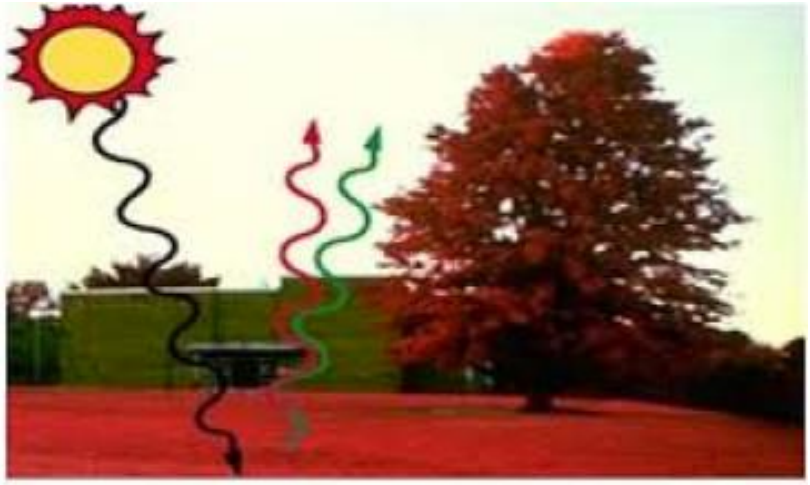
٤-سرعة المائع و نوع الحركة (طبقي , مضطرب)

4-19 الإشعاع الحراري

و هي الطريقة التي تنتقل بها الطاقة الحرارية من الشمس إلى ألارض .

- (الاشعاع) : تعبير يدل على فقد مستمر للطاقة من سطح الجسم , و هو يحدث من كافة الأجسام على الاطلاق .

والطاقة الحرارية هذه تسمى بالطاقة المشعة , أو الإشعاعية و يفقدها الجسم أو يشعها بسرعة الضوء , و إذا سقطت على جسم شفاف فإنه سيمتصها و يحولها إلى حرارة .



يعرف معامل الامتصاص : بأنه النسبة بين كمية الحرارة الممتصة إلى كمية الحرارة الساقطة .

فعندما يسخن جسم ما يتذبذب جزيئاته ذبذبة سريعة و تنتج عن ذلك انطلاقا لموجات كهرومغناطيسية حاملة معها الحرارة .

- **إن انتقال الحرارة بالاشعاع لا يحتاج إلى وسط مادي- كما في التوصيل و الحمل - و لذلك فإن خصائص اإلشعاع الحراري هي نفس خصائص الموجات الضوئية التالية :**

خصائص موجات الاشعاع الحراري :

١ـ تنتقل موجات (الاشعاع الحراري) في الفراغ بسرعة الضوء ($3\times10^{8}\ m/Sec$)

٢ـ إذا سقطت موجات الاشعاع الحراري على جسم فإنه يمتص جزءا منها مكتسا طاقة حرارية .

٣ـ ينطبق على موجات الاشعاع الحراري قانونا الانعكاس و الانكسار اللذان ينطبقان على الضوء .

٤ـ تخضع موجات الاشعاع الحراري لقانون التربيع العكسي الذي يخضع له الضوء " شدة تتناسب عكسيا الاشعاع " . شدة الاضاءة(أو الاشعاع) مع مربع المسافة من مصدر الاشعاع .

٥ـ تنطبق على موجات اإلشعاع الحراري قوانين االستقطاب والحيود و التداخل كما تنطبق على الاشعة الضوئية .

٦ـ تنتقل موجات الاشعاع الحراري وفق خطوط مستقيمة مثل الموجة الضوئية .

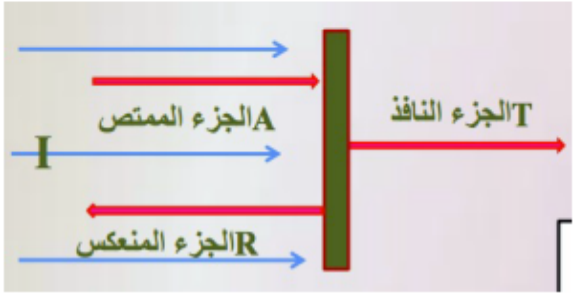
- **تقوم ألجسام المختلفة بامتصاص الاشعة بكميات مختلفة , و لا يوجد جسم يستطيع أن يمتص جميع الاشعة الحرارية الساقطة عليه ؛فالاجسام الغامقة اللون تمتص الحرارة بكمية أكبر من الاجسام الفاتحة اللون , و لذلك فإن الناس في البلاد الحارة يرتدون ملابس بيضاء أو فاتحة اللون , كما يميلون إلى صبغ بيوتهم الالوان البيضاء , و ذلك للتقليل من امتصاص الحرارة الصادرة عن الشمس .**

- و كذلك نجد أيضا أن "البيوت المحمية" تكون درجة حرارتها في الداخل أكثر ارتفاعا من درجة حرارة الجو الخارجي المحيط بها , و يعود ذلك إلى أن أشعة الشمس ذات الموجات القصيرة تخترق الزجاج و تقوم النباتات بامتصاصها فترتفع درجة حرارتها لتقوم بدورها بإشعاع أشعة حرارية طويلة الموجة (تحت الحمراء) لا تستطيع أن تخترق الزجاج لطول موجتها , و بالتالي تصبح أسيرة داخل البيوت المحمية مما يؤدي إلى ارتفاع درجة الحرارة داخل هذه البيوت الزجاجية .

آخر ينعكس

●إذا سقط الإشعاع الحرارى على جسم ما فإن جزءا من هذا الشعاع ينفذ و جزءا آخر ينعكس أما الباقي فيمتص داخل الجسم مما يكسب جزئيات الجسم طاقة حرارية ينجم عنها ارتفاع
فى درجة الحرارة .

وعليه : إذا كانت شدة الإشعاع الساقط على جسم ما هى I ، فإنه يمكننا أن نكتب :



$$I=A+R+T \quad (5)$$

$$I=aI+rI+tI \quad (6)$$

ذلك وفق تعريف معامل الامتصاص : بأنه النسبة بين كمية الحرارة الممتصة إلى كمية الحرارة الساقطة .

$$a = A / I,\ r = R / I,\ t = T / I$$

حيث : **a** معامل االمتصاص : و هو النسبة بين طاقة الاشعاع الممتص إلى طاقة الاشعاع الساقط و **r** معامل الانعكاس : و هو النسبة بين طاقة الاشعاع االمنعكس إلى طاقة الاشعاع الساقط و **t** معامل النفاذ : وهو النسبة بين طاقة اإلشعاع النافذ إلى طاقة الاشعاع الساقط .

ويمكن إعادة كتابة المعادلة (6) كالتالي :

$$a + r + t = 1 \qquad (7)$$

- فإذا كان الجسم شفافا(أي أن $t \to 1$) يقال أن الجسم غير عاكسيا و ممتص غير جيد ($r \to 0$ و $a \to 0$)
- و إذا كان الجسم ممتصا جيدا (أي أن $a \to 1$) يقال أن الجسم تام السواد ($r \to 0$ و $t \to 0$)
- وقد كان الجسم عاكسا جيدا (أي أن $r \to 1$) يقال أن الجسم تام البياض ($a \to 0$ و $t \to 0$)

ولكى تكون العلاقة و الاخيرة صحيحة لابد أن يؤخذ الطرول الموجي للاشعاع الساقط بعين الاعتبار .

$$a_\lambda + r_\lambda + t_\lambda = 1 \qquad (7)$$

مسـائل محلولـة

١- جعل جدار رأسي مستو مساحته $6m^2$ عند درجة الحرارة الثابتة $116^\circ c$ ، بينما الهواء على جانبيه عند درجة الحرارة $35^\circ c$. ما هي الحرارة المفقودة من الجدار في الساعة بفعل الحمل الحر ، علماً أن معامل الحمل الحراري لصفيحة رأسية $1.27\times10^{-3} j/m^2\ s^\circ c$

الحـــل

من العلاقة :

$$\Delta Q = h_c . A . \Delta T . \Delta t \qquad (4)$$

$$\Delta Q= (1.27\times10^{-3})\ (6)(116-35)(3600)=2.22\times10^3\ j$$

٢- أوجدي كمية الحرارة التي تنتقل في دقيقة واحدة بين وجهي لوح من النحاس مساحته $1m^2$ و سمكه 10cm و فرق درجة الحرارة بين وجهيه هو $20^\circ c$ علماً بأن معامل التوصيل الحراري للنحاس هو $110\ j/^\circ K.m.s$) .

الحـــل

من العلاقة :

$$\boxed{\frac{\Delta Q}{\Delta t} = H = \frac{A(T_2 - T_1)}{\Sigma\left({}^{L_n}/_{k_n}\right)} \qquad (3)}$$

$$\frac{\Delta Q}{60} = \frac{(1)(20)(110)}{10 \times 10^{-2}} \quad \Longrightarrow$$

$$\frac{Q}{60} = 22 \times 10^3 \quad \Rightarrow Q = 1.32 \times 10^6 \text{ joul}$$

(١-١٩)حل أمثلة صفحة ٦١٥

من مثال رقم ١و ٢