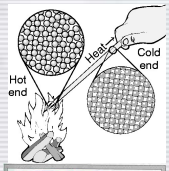
CHAPTER 19

(Heat Transfer) إنتقال الحرارة

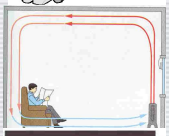
تعريف الحرارة:

الحرارة هي الطاقة المنقولة من جسم إلى آخر بسبب اختلاف درجة الحرارة

وتنتقل الحرارة من جسم ساخن الى جسم او مكان آخر بارد بطريقة او اكثر من طرق انتقال الحرارة وهي:



❖ التوصيل الحراري Thermal Conduction



❖ الحمل الحراري Thermal convection

❖ الإشعاع الحراري Thermal Radiation

105 PHYS Dr. Abdallah M.Azzeer

❖ Thermal Conduction التوصيل الحراري

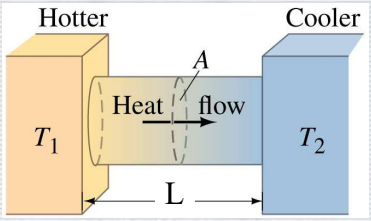
يمكن تصور التوصيل الحراري على نطاق ذري

- إنه تبادل للطاقة بين الجسيمات الميكروسكوبية عن طريق التصادمات
- تكتسب الجسيمات الأقل طاقة طاقة أثناء التصادمات مع جزيئات أكثر نشاطًا
- يعتمد معدل التوصيل على خصائص المادة

يحدث التوصيل الحراري عندما يكون هنالك فرق في درجة الحرارة خلال المادة حيث وجد عملياً أن معدل الجريان الحراري خلال المادة يتناسب طردياً مع الفرق في د رجتي حرارة نهايتها. كذلك يعتمد معدل الجريان الحراري على حجم وشكل المادة.

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = kA\frac{\Delta T}{L}$$

- A is the cross-sectional area
- L is the thickness of the slab or the length of a rod
- ΔQ is in Joules and Δt is in seconds
- k is the *thermal conductivity* of the material
  - Good conductors have high k values and good insulators have low k values



105 PHYS Dr. Abdallah M.Azzeer 2

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{kA(T_1 - T_2)}{L}$$

A مساحة مقطع الجسم

L المسافة بين نهايتي الجسم

T_1 و T_2 درجتي الحرارة لنهايتي الجسم $T_1 > T_2$

k ثابت التوصيل الحراري للمادة

وحدات k = J/m.s.°C أو cal/cm.s.°C

Thermal Conductivities

Substance	Thermal Conductivity, k J/(s·m·C°)	Thermal Conductivity, k kcal/(s·m·C°)
Silver	420	10×10^{-2}
Copper	380	9.2×10^{-2}
Aluminum	200	5.0×10^{-2}
Steel	40	1.1×10^{-2}
Ice	2	5×10^{-4}
Glass	0.84	2.0×10^{-4}
Brick	0.84	2.0×10^{-4}
Concrete	0.84	2.0×10^{-4}
Water	0.56	1.4×10^{-4}
Human tissue	0.2	0.5×10^{-4}
Wood	0.1	0.3×10^{-4}
Fiberglass	0.048	0.12×10^{-4}
Cork	0.042	0.10×10^{-4}
Wool	0.040	0.10×10^{-4}
Goose down	0.025	0.060×10^{-4}
Polyurethane	0.024	0.057×10^{-4}
Air	0.023	0.055×10^{-4}

Materials with large k are called conductors; those with small k are called insulators.

Building materials are measured using R-values rather than thermal conductivity:

$$R = \frac{L}{k}$$

Here, L is the thickness of the material

***R*-values**

Material	Thickness	R-value ($ft^2 \cdot h \cdot F°/Btu$)
Glass	$\frac{1}{8}$ inch	1
Brick	$3\frac{1}{2}$ inches	0.6–1
Plywood	$\frac{1}{2}$ inch	0.6
Fiberglass insulation	4 inches	12

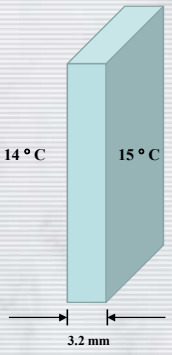
105 PHYS Dr. Abdallah M.Azzeer 3

احسب معدل انتقال الحرارة خلال نافذة منزل أبعادها (2 m × 1.5 m) وسمكها 3.2 mm إذا كانت درجتي الحرارة على السطحين الدا خلي والخارجي هي 15 °C و 14 °C على التوالي و ثابت التوصيل الحراري للزجاج هو: 0.84 J/m.s.°C

$$A = 2 \times 1.5 = 3\ m^2$$

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{kA(T_1 - T_2)}{L}$$

$$= \frac{084 \times 3 \times (15-14)}{3.2 \times 10^{-3}} = 787.5\ J/s \simeq 0.19\ kcal/s$$



105 PHYS Dr. Abdallah M.Azzeer 4

حائط من الطوب طوله 5 m وإرتفاعه 3 m وسمكه 30 cm وتوصيليته الحرارية تســـاوي 0.6 W/m °C ، إذا كانت درجة الحرارة الخارجية للحائط 0 °C والداخلية 20 °C إحسب معدل إنتقال الحرارة خلال هذا الحائط .

$A=3\times5=15\ m^2$; $d=30\ cm=0.30\ m$; $\Delta T=20\ °C$; $k=0.6\ W/m\ °C$; $Q/t=?$

$Q/t=kA\Delta T/d=600\ W=0.6\ kW$

105 PHYS Dr. Abdallah M.Azzeer 5

قضيب من النحاس الأصفر مساحة مقطعه $2\,cm^2$ وطوله 1m. وُضع أحد طـــرفي هذا القضيب في ماء يغلي ووضع الآخر على قطعة كبيرة من الثلج. ما هي كمية الثلج التي تنصهر بواسطة الحرارة المنتقلة من الطرف الساخن للقضيب إلى الطرف البـــارد خـــلال (10 min) ؟ [ثابت التوصيل الحراري للنحاس الأصفر $=\frac{0.2\,cal}{cm.s.°C}$]

كمية الحرارة المنتقلة خلال (10 min) $\Delta Q=\frac{K\,A\,\Delta t\,(T_1-T_2)}{L}$

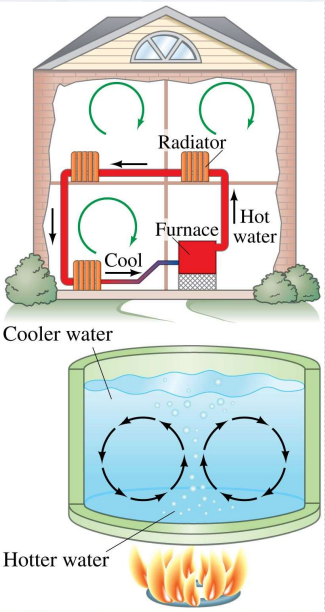
$$\therefore Q=\frac{0.2\times2\times10\times60(100-0)}{100}=240\,cal$$

وبما أن الحرارة الكامنة لانصهار الثلج L_f تساوي $\frac{80\,cal}{g}$ فتكون كمية الثلج المنصهرة m هي:

$$m=\frac{\Delta Q}{L_f}=\frac{240}{80}=3\,g$$

105 PHYS Dr. Abdallah M.Azzeer 6

❖ Thermal convection الحمل الحراري



يحدث الحمل الحراري عندما تنتقل الحرارة بواسطة حركة كتلة الجزيئات من مكان إلى آخر. قد يكون طبيعيًا أو إجباريًا ؛ كل من هذه الأمثلة هي الحمل الحراري الطبيعي.

العديد من أنظمة التدفئة المنزلية مجبرة على أنظمة الهواء الساخن التى تحتوي هذه على مروحة تهب الهواء من المشعات ، بدلاً من الاعتماد كليًا على الحمل الحراري الطبيعي.

وكمثال على ذلك نجد أن الهواء القريب من المدفئة يسخن فتقل كثافته ويرتفع لأعلى وفي نفس الوقت ينزل الهواء البارد القريب من السقف وهكذا تستمر دورة تيار الحمل في الغرفة حتى تتجانس درجة حرارة الهواء في دا خلها.

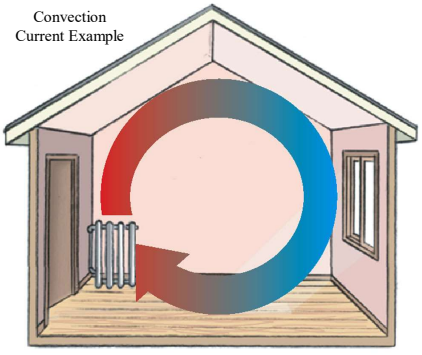
يتم تنظيم درجة حرارة أجسامنا عن طريق الدم. فالدم يسري بالقرب من سطح الجلد وينقل الحرارة. بمجرد وصولها إلى سطح الجلد ، يتم إطلاق الحرارة من خلال الحمل الحراري والتبخر والإشعاع.

105 PHYS Dr. Abdallah M.Azzeer 7

Convection applications

- Boiling water
- Radiators
- Upwelling
- Cooling automobile engines
- Algal blooms in ponds and lakes

- The radiator warms the air in the lower region of the room
- The warm air is less dense, so it rises to the ceiling
- The denser, cooler air sinks
- A continuous air current pattern is set up as shown



Heat Transfer by Convection

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = hA\Delta T$$

ΔT: temperature difference

A: area of contact

h: convection surface coefficient

105 PHYS Dr. Abdallah M.Azzeer

❖ الإشعاع الحراري Thermal Radiation

وأشهر مثال على الإشعاع هو شمسنا ، التي تشع عند درجة حرارة تقارب 6000 كلفن.

إن الحرارة التي تصل إلينا من الشمس لا تنتقل إلينا بالتوصيل و الحمل.

وذلك بسبب الفراغ الهائل بيننا وبين الشمس الذي لا يحتوي تقريباً على أي جسيمات. ومن ثم فان انتقال الحرارة خلال الفراغ يحصل بطريقة الاشعاع.

والإشعاع هو جريان الحرارة من مكان إلى آخر بواسطة الموجات الكهرومغناطيسية.

إن معدل انتقال الحرارة بالإشعاع من الجسم السا خن يعطى بعلاقة تسمى قانون ستيفان وهي:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = Ae\sigma T^4$$

- The power is the rate of energy transfer, in Watts
- σ = 5.6696 x 10^{-8} W/m^2·K^4 (Stefan-Boltzmann constant)
- A is the surface area of the object
- e is a constant called the *emissivity*
  - e varies from 0 to 1
- T is the temperature in Kelvins

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = Ae\sigma T^4$$

الانبعاثية e هي رقم بين 0 و 1 يميز السطح ؛ الأجسام السوداء لديها انبعاثية بالقرب من واحدة ، بينما الأجسام اللامعة لها انبعاثية بالقرب من الصفر.

وإذا كان الجسم محاطاً بوسط (أو جسم آخر) درجة حرارته المطلقة T_0 فان محصلة انتقال الحرارة بالإشعاع من الجسم (بدرجة مطلقة T) هو:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \sigma eA(T^4 - T_0^4)$$

HEAT TRANSFER BY RADIATION

A thin, square steel plate, 10 cm on a side, is heated in a blacksmith's forge to 800°C. If the emissivity is 0.60, what is the total rate of radiation of energy from the plate?

SOLUTION

IDENTIFY and SET UP: The target variable is H, the rate of emission of energy from the plate's two surfaces. We use Eq. (17.25) to calculate H.

EXECUTE: The total surface area is $2(0.10\ \text{m})^2 = 0.020\ \text{m}^2$, and $T = 800°\text{C} = 1073\ \text{K}$. Then Eq. (17.25) gives

$$H = Ae\sigma T^4$$
$$= (0.020\ \text{m}^2)(0.60)(5.67 \times 10^{-8}\ \text{W/m}^2 \cdot \text{K}^4)(1073\ \text{K})^4$$
$$= 900\ \text{W}$$

EVALUATE: The nearby blacksmith will easily feel the heat radiated from this plate.

RADIATION FROM THE HUMAN BODY

What is the total rate of radiation of energy from a human body with surface area $1.20\ \text{m}^2$ and surface temperature 30°C = 303 K? If the surroundings are at a temperature of 20°C, what is the *net* rate of radiative heat loss from the body? The emissivity of the human body is very close to unity, irrespective of skin pigmentation.

SOLUTION

IDENTIFY and SET UP: We must consider both the radiation that the body emits and the radiation that it absorbs from its surroundings. Equation (17.25) gives the rate of radiation of energy from the body, and Eq. (17.26) gives the net rate of heat loss.

EXECUTE: Taking $e = 1$ in Eq. (17.25), we find that the body radiates at a rate

$$H = Ae\sigma T^4$$
$$= (1.20\ \text{m}^2)(1)(5.67 \times 10^{-8}\ \text{W/m}^2 \cdot \text{K}^4)(303\ \text{K})^4 = 574\ \text{W}$$

This loss is partly offset by absorption of radiation, which depends on the temperature of the surroundings. From Eq. (17.26), the *net* rate of radiative energy transfer is

$$H_{\text{net}} = Ae\sigma(T^4 - T_s^4)$$
$$= (1.20\ \text{m}^2)(1)(5.67 \times 10^{-8}\ \text{W/m}^2 \cdot \text{K}^4)$$
$$\times [(303\ \text{K}) - (293\ \text{K})^4]$$
$$= 72\ \text{W}$$

EVALUATE: The value of H_{net} is positive because the body is losing heat to its colder surroundings.

طالب معرّض جسمه مباشرة لهواء الغرفة الذي درجة حرارتها (20°C). وإذا كانت درجة حرارة جسمه (37°C) وإشعاعية الجسم هي (0.9) والمساحة السطحية لجسم الطالب 1.5m^2، فاحسب مقدار الحرارة المفقودة من جسمه خلال عشر دقائق.

$$T = 37 + 273 = 310\ °\text{K}$$
$$T_o = 20 + 273 = 293\ °\text{K}$$
$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \sigma e A\,(T^4 - T_o^4)$$
$$= 5.67 \times 10^{-8} \times 0.9 \times 1.5 \times (310^4 - 293^4)$$

معدل الحرارة المفقودة $\frac{\Delta Q}{\Delta t} = 140\ \text{W}$

مقدار الحرارة المفقودة خلال عشر دقائق $\Delta Q = 140 \times 10 \times 60$

$$= 8.6 \times 10^4\ \text{J}$$

Heat Transfer: Radiation

(a)

(b)

يمكن استخدام التصوير الحراري - القياس التفصيلي للإشعاع من الجسم - في التصوير الطبي. قد تكون المناطق الأكثر دفئًا علامة على وجود أورام أو عدوى ؛ قد تكون المناطق الأكثر برودة على الجلد علامة على ضعف الدورة الدموية.

يمكنك معرفة درجة حرارة الجسم من لونه

Object	*Temperature*	*Color*
Heat Lamp	500° C	Dull Red
Candle Flame	1700° C	Dim Orange
Bulb Filament	2500° C	Bright Yellow-White
Sun's Surface	5800° C	Brilliant White
Blue Star	>6000° C	Dazzling Blue-White

105 PHYS Dr. Abdallah M.Azzeer

دعائي للجميع التوفيق والسداد
وأن يحفظكم برعايته
اللهم إحفظ بلادنا وأهلنا من كل بلاء ووباء وفتنة

105 PHYS Dr. Abdallah M.Azzeer 14