Title: قانون نيوتن للتبريد

= نستكمل طرق تعيين الحرارة النوعية للأجسام المختلفة
* طريقة التبريد

أولاً: قانون نيوتن للتبريد :

- إذا كان لدينا كوب من الشاي الساخن معرض للهواء فعلى عكس عامل معدل التغير في درجة حرارة الكوب ؟
- قام العالم نيوتن بدراسة هذه الظاهرة وتوصل إلى قانون نيوتن للتبريد والذي ينص على أن "معدل الهبوط في درجة حرارة جسم ما يتناسب طرديًا مع الفرق بين درجة حرارة الجسم والوسط المحيط"

وعكن التعبير عنه رياضيًا كما بالشكل التالي

$$-\frac{d\theta}{dt} \propto (\theta - \theta_r)$$

$$\therefore -\frac{d\theta}{dt} = k(\theta - \theta_r) \quad \rightarrow (1)$$

حيث $-\frac{d\theta}{dt}$ تمثل معدل الهبوط في درجة حرارة الجسم
k ثابت يعتمد على طبيعة مادة الجسم
$(\theta - \theta_r)$ تمثل الفرق بين درجة حرارة الجسم θ ودرجة حرارة الوسط المحيط θ_r
= معادلة (1) هي معادلة تفاضلية عكن حلها من خلال فصل المتغيرات كالتالي

$$\frac{d\theta}{\theta - \theta_r} = -k\,dt \quad \rightarrow (2)$$

- بإجراء عملية التكامل
حيث c_1 هو ثابت التكامل

$$\ln(\theta - \theta_r) = -kt + c_1 \quad \rightarrow (3)$$

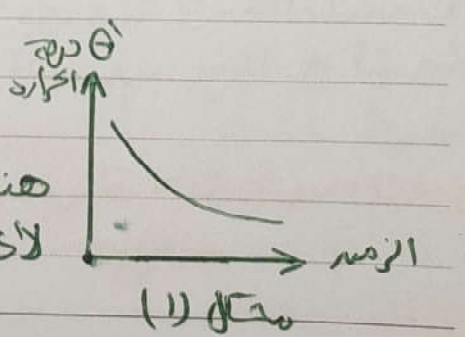
- بأخذ exp. للطرفين

$$(\theta - \theta_r) = e^{-kt + c_1} = e^{-kt} \cdot e^{c_1}$$

$$\text{let } (\theta - \theta_r) = \theta', \quad e^{c_1} = C$$

$$\boxed{\theta' = C\,e^{-kt}} \#$$

هذه العلاقة تصف هبوط البريد لأي جسم كما بالشكل (1)



شكل (1)

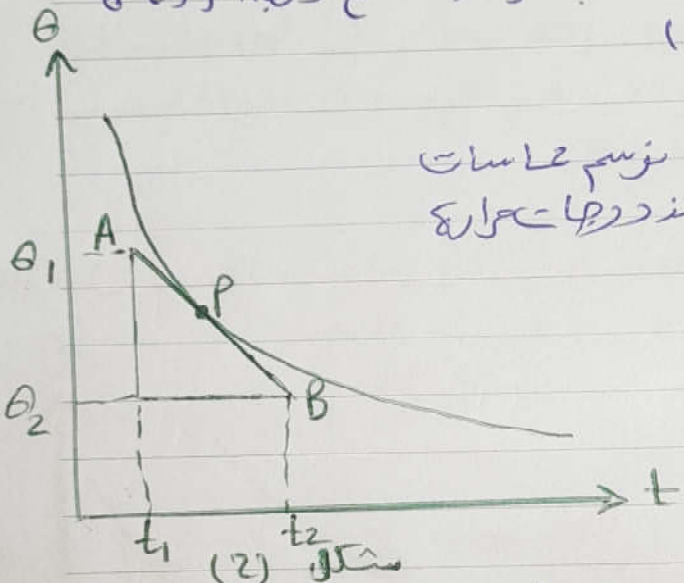
SHOT ON MI 9 LITE

Title: _____

ثانيًا: تحقيق قانون نيوتن للتبريد:-

- كما ذكرنا بالسابق أن قانون نيوتن للتبريد هو "$-\frac{d\theta}{dt} = k(\theta - \theta_r)$"
ولتحقيق قانون نيوتن للتبريد نقوم بتجربة عملية خطواتها كالتالي:-

1. نترك الجسم الساخن ليبرد في الهواء ونحسب الزمن t مع درجة الحرارة θ ونمثل النتائج بيانيًا كالشكل (2)



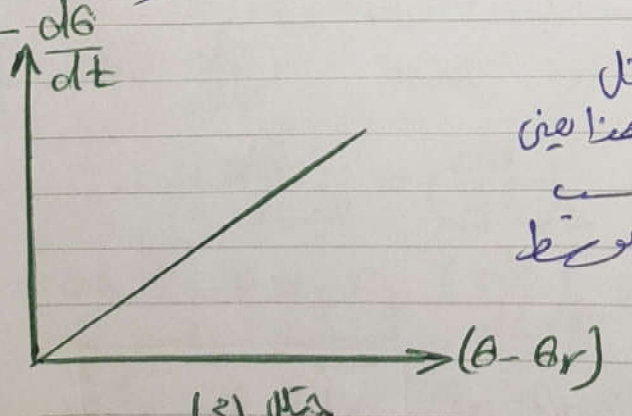
شكل (2)

2. لإيجاد معدل الهبوط في درجة الحرارة نرسم مماسات (خط مستقيم يمس المنحنى في نقطة) عند درجات حرارة مختلفة

مثال: لحساب معدل الهبوط عند النقطة P نرسم مماس يمس المنحنى عند P ونحسب ميل الخط APB

$$\therefore \text{slope} = \left(\frac{d\theta}{dt}\right)_P = \frac{\theta_1 - \theta_2}{t_1 - t_2}$$

3. بتكرار ما سبق عند درجات حرارة مختلفة على المنحنى ثم نرسم علاقة بيانية بين معدل الهبوط في درجة الحرارة و الفرق بين درجة حرارة الجسم والوسط المحيط



شكل (3)

4. من الشكل (3) نلاحظ أن العلاقة تمثل خط مستقيم يمر بنقطة الأصل وهذا يعني أن معدل الهبوط في درجة حرارة الجسم تناسبيًا طرديًا مع الفرق بين درجة حرارة الجسم والوسط المحيط.

وهذا هو تحقيق قانون نيوتن للتبريد

//

SHOT ON MI 9 LITE

Title: _____

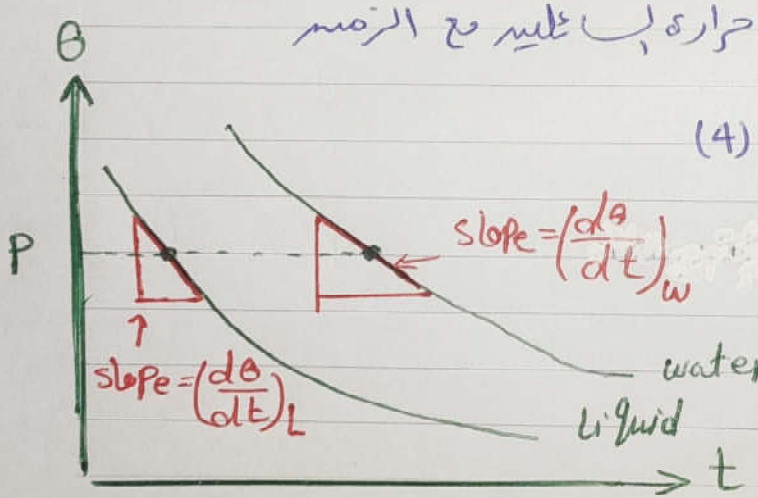
تجربة: استخدام قانون نيوتن لتعيين الحرارة النوعية

يفضل استخدام قانون نيوتن لتعيين الحرارة النوعية للسوائل أكثر من استخدامه للمواد الصلبة. لإيجاد قيمة الحرارة النوعية لسائل ولتكن الجلسرين نقوم بعمل التجربة كالتالي:-

1) زن معرين جافين ولتكن كتلتيهما m_1, m_2. خذ 10 cm³ من الماء وضعه في أحد المعرين ولتكن كتلته m_3. خذ حجم مساوي من الجلسرين وضعه في المعر الآخر ولتكن كتلته m_4.

2) ضع المعرين في حمام مائي ساخن حتى يصل إحدى السوائل إلى 85°C نتركهم ليبردوا ونعين درجات حرارة السائل مع الزمن

3) مثل النتائج بيانياً كما بالشكل (4)



* لابد من حساب الميل عند نفس النقطة (P)

شكل (5)

نجد أن معدل الفقد في كمية حرارة السائل = معدل الفقد في كمية حرارة الماء

وحيث أن $Q = mC\Delta\theta$ حيث Q كمية الحرارة

$$\frac{dQ}{dt} = mC\frac{d\theta}{dt}$$

$$\therefore \left(\frac{dQ}{dt}\right)_w = \left(\frac{dQ}{dt}\right)_L$$

$$\therefore m_1 C_1 + m_3 C_3 \left(\frac{d\theta}{dt}\right)_w = m_2 C_2 + m_4 C_4 \left(\frac{d\theta}{dt}\right)_L$$

(m_1 كتلة المعر 1، m_3 كتلة الماء، m_2 كتلة المعر 2، m_4 كتلة السائل)

ومنها نحسب C_4 الحرارة النوعية للسائل المراد تعيين قيمتها

BUE The British University in Egypt
ICTP The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics
Alexander von Humboldt Stiftung/Foundation
SHOT ON MI 9 LITE AI TRIPLE CAMERA

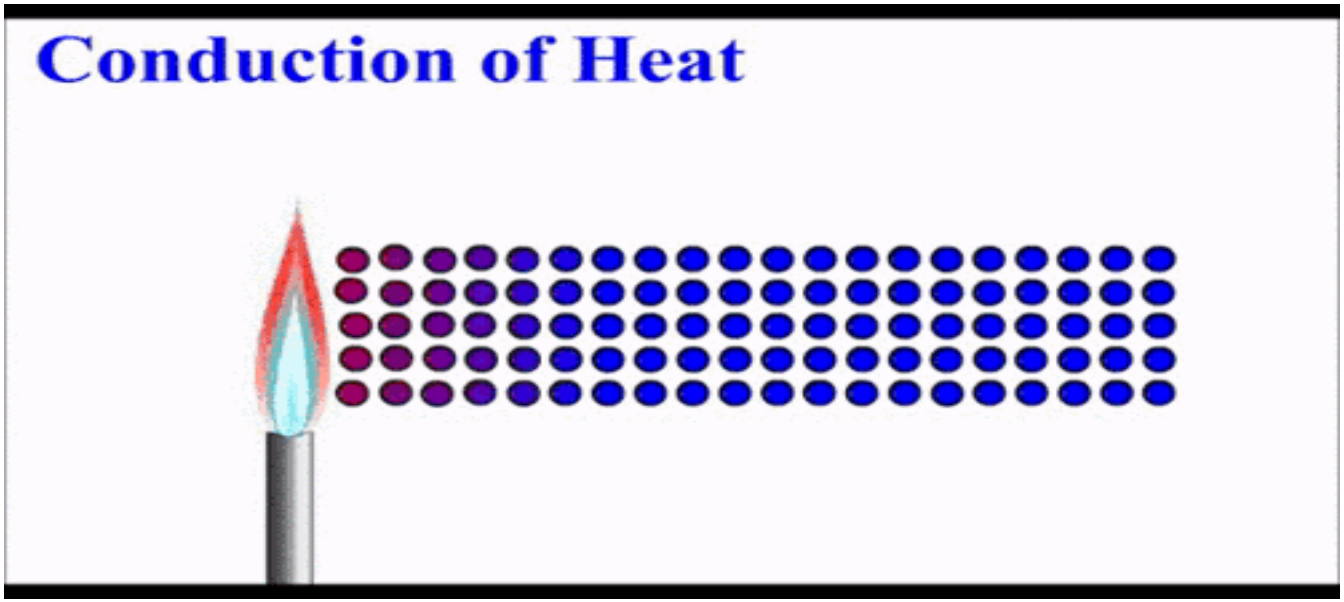
انتقال الحرارة

Heat transfer

Methods of heat transfer طرق انتقال الحرارة

- Convection الحمل
- Conduction التوصيل
- Radiation الإشعاع

. التوصيل الحراري The thermal conduction:

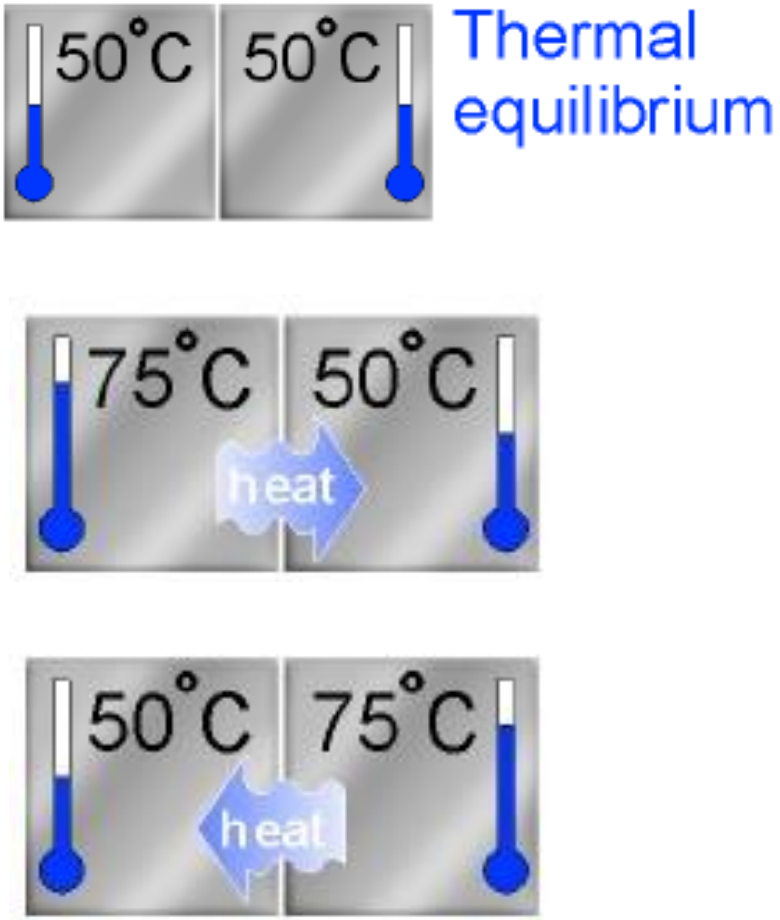


- يتم انتقال الحرارة بالتوصيل عن طريق تبادل الطاقة الحرارية بين جزيئات المادة دون انتقال المادة
- يتم الانتقال دائما من الجانب الأعلى فى درجة الحرارة الى الأقل فى درجة الحرارة
- تسمى المواد جيدة التوصيل للحرارة بالمواد الموصلة حرارياً
- تسمى المواد رديئة التوصيل للحرارة بالمواد العازلة حرارياً

Thermal Equilibrium

- Two bodies are in thermal equilibrium with each other when they have the same temperature.

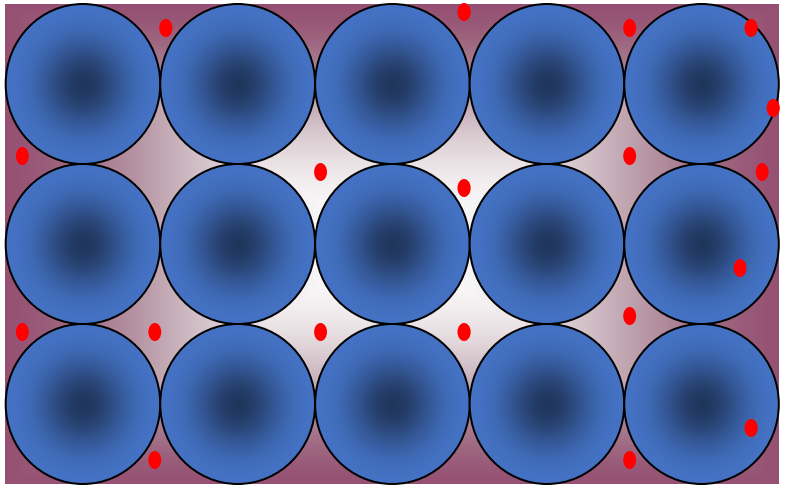
- In nature, heat <u>always</u> flows from hot to cold until thermal equilibrium is reached.



تنقسم المواد من حيث قابليتها للتوصيل الحراري إلي:

المعادن نجدها أكبر من المواد الصلبة غير المعدنية أكبر من السوائل أكبر من الغازات

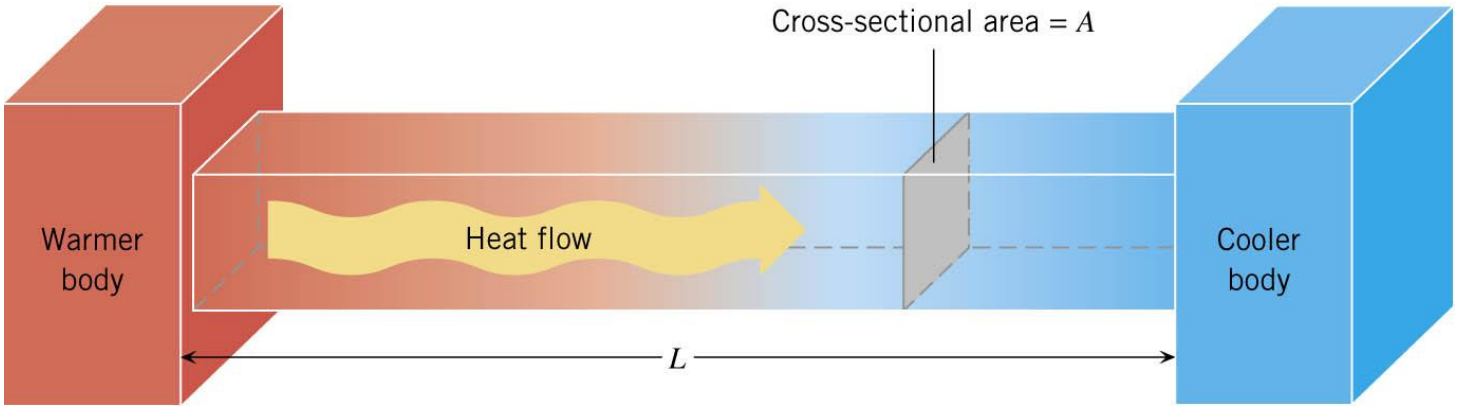
metals



The outer electrons of metal atoms drift, and are free to move.

When the metal is heated, this 'sea of electrons' gain kinetic energy and transfer it throughout the metal.

Insulators, such as wood and plastic, do not have this 'sea of electrons' which is why they do not conduct heat as well as metals.



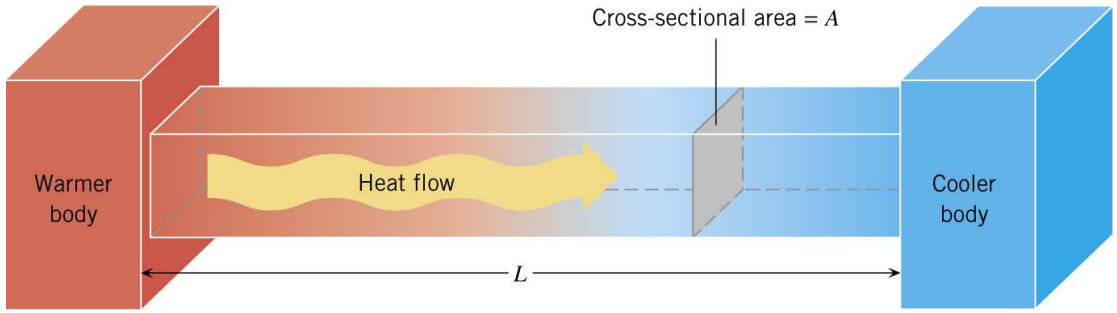
تعتمد كمية الطاقة المنتقلة بالتوصيل خلال مادة على عدة عوامل وهى :

1. Q is proportional to the time t during which conduction takes place ($Q \propto t$).
2. Q is proportional to the temperature difference ΔT between the ends of the bar ($Q \propto \Delta\theta$).
3. Q is proportional to the cross-sectional area A of the bar ($Q \propto A$).
4. Q is inversely proportional to the length L of the bar ($Q \propto 1/L$).

$$Q \propto A \frac{\Delta\theta}{l} t$$

$$Q \propto A\frac{\Delta\theta}{l}t$$

$$\therefore Q = -kA\frac{\theta_c - \theta_h}{l}t$$



ويمكن الحصول على معدل انتقال الطاقة الحرارية من المعادلة

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = -kA\frac{\partial \theta}{\partial x}$$

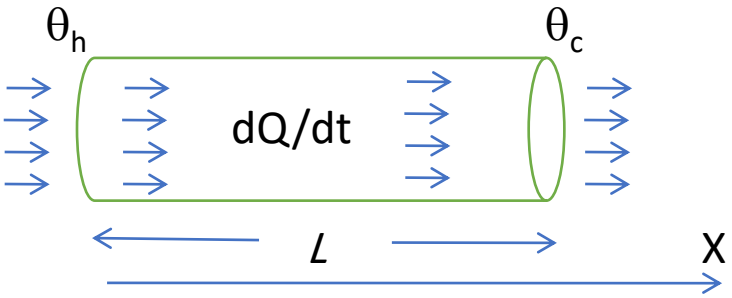
حيث $\frac{\partial \theta}{\partial x}$ تسمى الميل الحرارى والثابت k يسمى معامل التوصيل الحرارى للمادة وهو ثابت فيزيائي يعتمد على نوع المادة وقيمته تحدد نوع المادة موصلة او عازلة

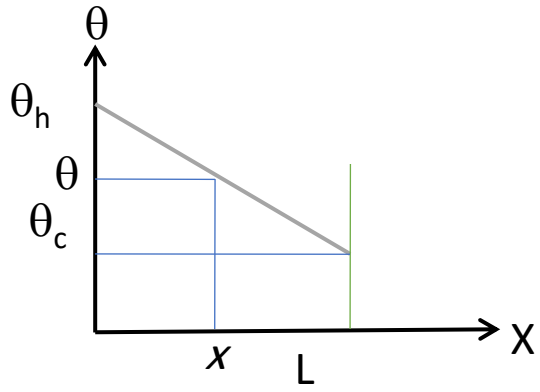
وحدة معامل التوصيل الحرارى k

J/(m.K.s) or J $m^{-1}K^{-1}s$-1 in MKS units

Cal/(cm ^oC.s) or cal $cm^{-1}\,{}^oC^{-1}s^{-1}$ in cgs units

توزيع درجات الحرارة خلال قضيب معدنى معزول فى حالة اتزان باستخدام معادلة التوصيل الحرارى





$$\because \frac{dQ}{dt} = -kA\frac{d\theta}{dx}$$

$$\therefore \frac{d\theta}{dx} = -\frac{(dQ/dt)}{kA} = c$$

$$\therefore \int_{\theta_1}^{\theta} d\theta = c\int_{0}^{x} dx$$

$$\therefore \theta = \theta_h + cx \qquad (1)$$

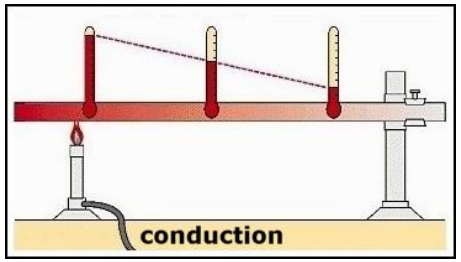
To find the constant c , from the boundary conditions

At x=L , $\theta = \theta_c$

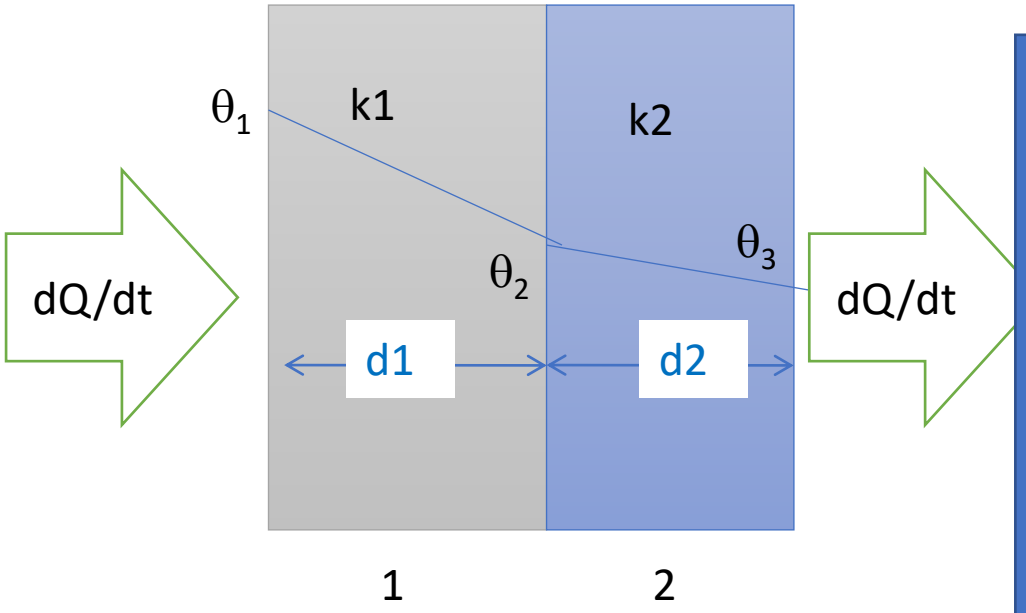
$$\therefore c = \frac{\theta_c - \theta_h}{L} = -\frac{\theta_h - \theta_c}{L}$$

Substituting in eq 1

$$\therefore \theta = \theta_h - \frac{\theta_1 - \theta_2}{L}x$$



انتقال الحرارة خلال جدار مستوى مكون من طبقتين



$$\frac{1}{A}\frac{dQ}{dt} = \frac{q}{A} = k_1\frac{\theta_1-\theta_2}{d_1} = k_2\frac{\theta_2-\theta_3}{d_2}$$

$$\therefore (\theta_1-\theta_2) = q\frac{d_1}{Ak_1} and (\theta_2-\theta_3) = q\frac{d_2}{Ak_2}$$

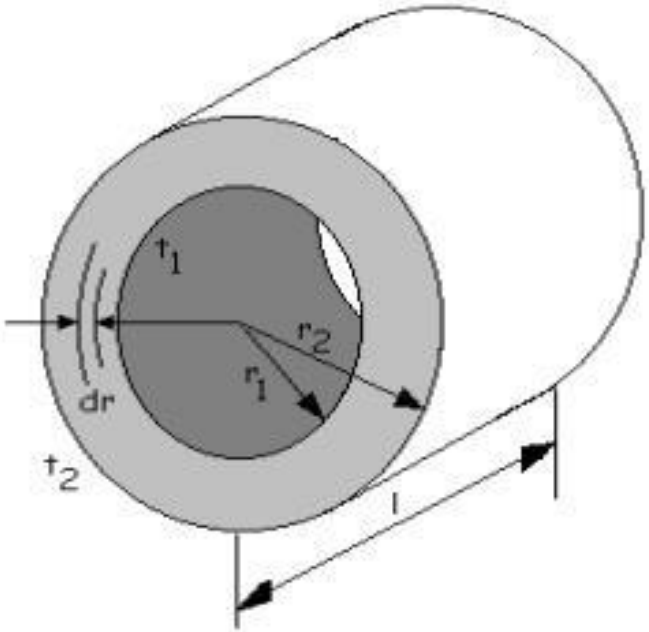
$$\frac{dQ}{dt} = k_1A\frac{\theta_1-\theta_2}{d_1} = k_2A\frac{\theta_2-\theta_3}{d_2}$$

بالجمع

$$(\theta_1-\theta_3) = q\left[\frac{d_1}{Ak_1}+\frac{d_2}{Ak_2}\right]$$

$$\therefore q = \frac{dQ}{dt} = \frac{(\theta_1-\theta_3)}{\left[\frac{d_1}{Ak_1}+\frac{d_2}{Ak_2}\right]}$$

انتقال الحرارة بالتوصيل خلال قشرة اسطوانية فى اتجاه نصف القطر



$$\because \frac{dQ}{dt} = -kA\frac{d\theta}{dr} = -k(2\pi rl)\frac{d\theta}{dr} = constsnt$$

$$\therefore r\frac{d\theta}{dr} = -\frac{(dQ/dt)}{2\pi kl} = -\alpha$$

$$\therefore d\theta = -\alpha\frac{dr}{r}$$

$$\therefore \int_{\theta_h}^{\theta_c} d\theta = -\alpha\int_{r_1}^{r_2}\frac{dr}{r}$$

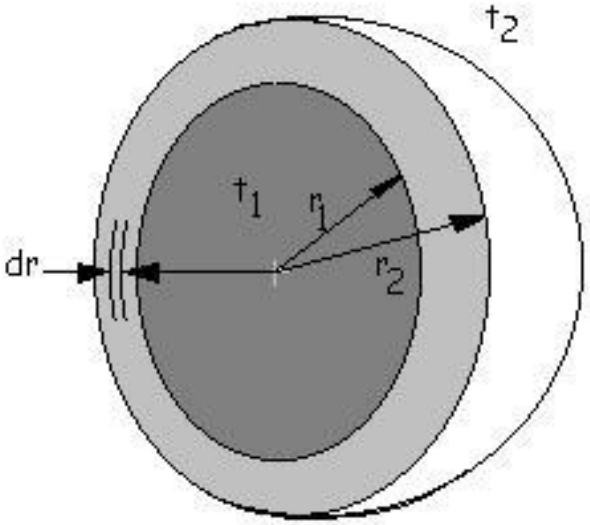
$$\therefore \theta_h - \theta_2 = -\alpha\ln\frac{r_2}{r_1} = -\frac{(dQ/dt)}{2\pi kl}\ln\frac{r_2}{r_1}$$

$$\therefore \frac{dQ}{dt} = -k(2\pi l)\frac{\theta_2 - \theta_1}{\left(\ln\frac{r_2}{r_1}\right)}$$

معادلة التوصيل خلال قشرة اسطوانية

http://www.angelfire.com/ultra/omshome/heattransfer.htm

انتقال الحرارة بالتوصيل خلال قشرة كروية فى اتجاه نصف القطر



$$\because \frac{dQ}{dt} = -kA\frac{d\theta}{dr} = -k(4\pi r^2)\frac{d\theta}{dr}$$

$$= constsnt$$

$$\therefore r^2\frac{d\theta}{dr} = -\frac{(dQ/dt)}{4\pi k} = -\alpha$$

$$\therefore d\theta = -\alpha\frac{dr}{r^2} = -\alpha r^{-2}dr$$

$$\therefore \int_{\theta_h}^{\theta_c} d\theta = -\alpha\int_{r_1}^{r_2} r^{-2}dr$$

$$\therefore \theta_h - \theta_c = -\alpha(-(r_2^{-1} - r_1^{-1})) = -\frac{(dQ/dt)}{4\pi k}\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$$

$$\therefore \frac{dQ}{dt} = 4\pi k\frac{\theta_h - \theta_c}{\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)}$$

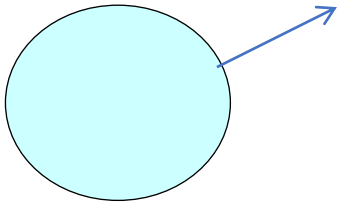
معادلة التوصيل خلال قشرة كروية

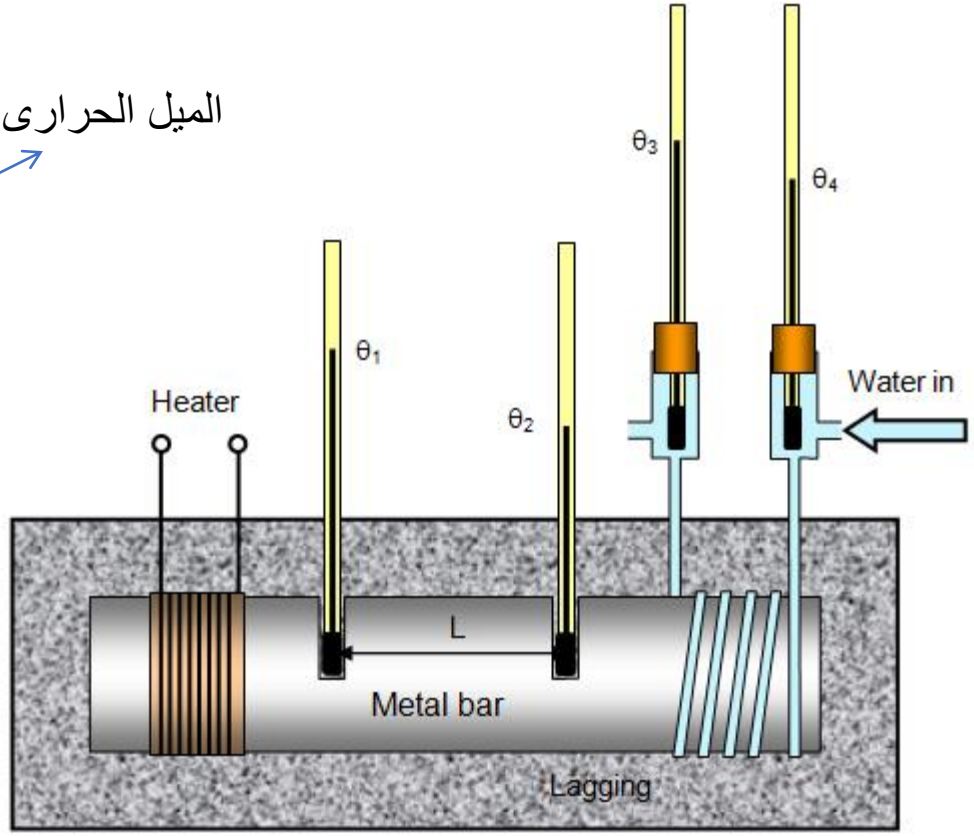
تعيين معامل التوصيل الحرارى لمادة جيدة التوصيل للحرارة Searl's Moethod

$$\because \frac{dQ}{dt} = -kA\frac{d\theta}{dr}$$

$$\therefore mc(\theta_3 - \theta_4) = -kA\frac{(\theta_2 - \theta_1)}{l}$$

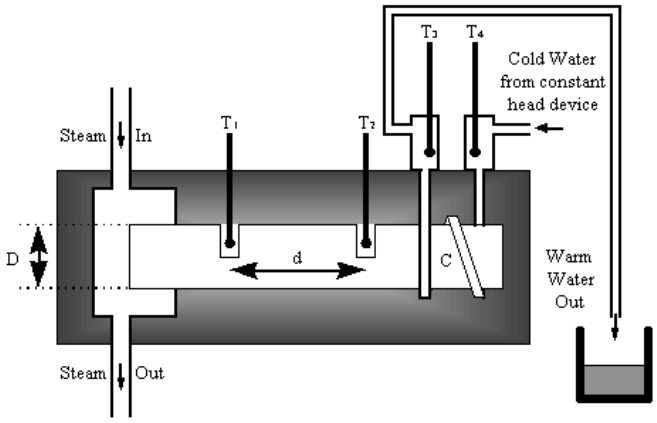
$$wherem = \frac{M}{t}$$





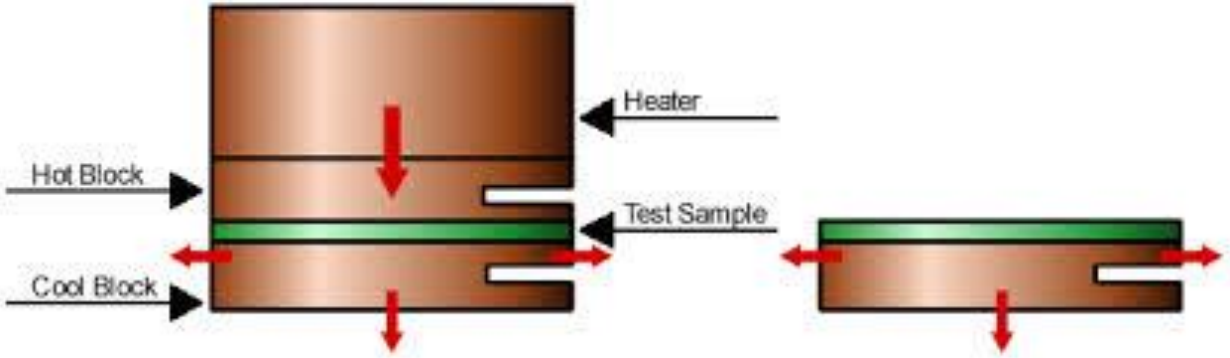
M معدل سريان الماء أو كتلة الماء الكلية المجمعة m

t مقسوما على زمن التجميع



$$\therefore k = \frac{mc(\theta_4 - \theta_3)l}{A(\theta_2 - \theta_1)}$$

Poor Conductor (Lee's Disc) تعيين معامل التوصيل الحرارى لمادة رديئة التوصيل للحرارة



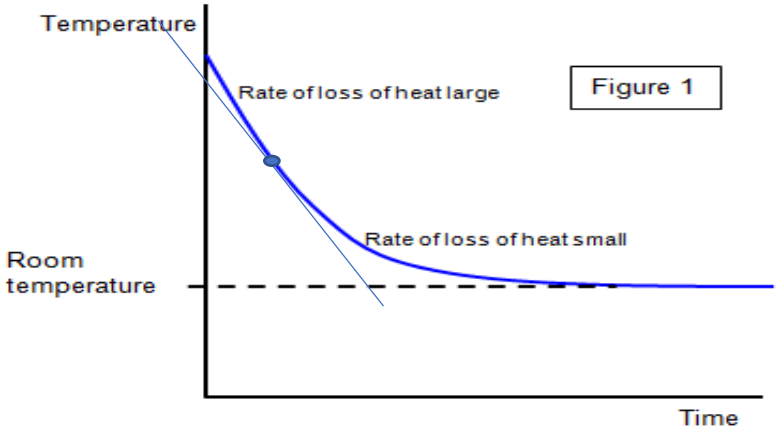


Figure 1

$$mc\frac{d\theta}{dt} = -k(\pi r^2)\frac{(\theta_2 - \theta_1)}{x}$$

$$\therefore k = \frac{mc\frac{d\theta}{dt}}{(\pi r^2)\frac{(\theta_1 - \theta_2)}{x}}$$

http://www.spaceflight.esa.int/impress/text/education/Heat%20Transfer/Conduction%2003.html