

# Värmetransport

- { strömning flow / convection
- { ledning conduction
- { strålning radiation

## Ledning


$$\frac{q}{A} \propto \frac{\Delta T}{y} \quad \rightarrow \quad \frac{q}{A} = k \frac{\Delta T}{y}$$

$$\left[ \frac{J}{m^2 s} \right]$$

↳ värmekonduktivitet  
"materialstorhet"

$$\left[ \frac{J}{m s K} \right]$$

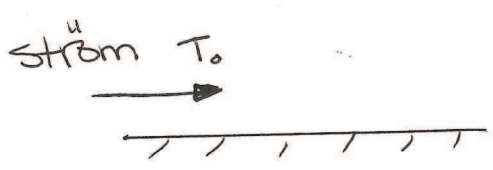
$$y \rightarrow 0 \quad \rightarrow \quad q_y = -kA \frac{dT}{dy}$$

Fouriers lag 

Vektor form:  $\vec{q} = -kA \nabla T$

## strömning / Konvektion

Konvektion består av strömning ~~men ej påverkar~~  
(även ledning ingår)



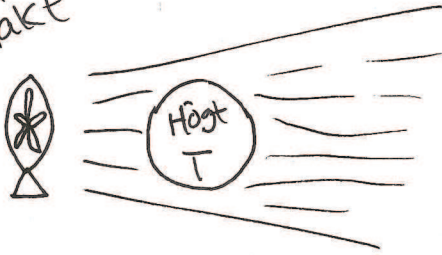
$$\frac{q}{A} = h \Delta T$$

↳ värmeförningskoefficient  $[\frac{W}{m^2 K}]$

beror av fluid ; geometri  
strömningen ;  $\Delta T$

} ej en materialstorhet

fläkt



Påtvångad  
konvektion

(strömning pga en  
yttre källa)



Fri, naturlig  
konvektion

strömning pga en  
värme- (koncentrations-) skillnad

## Strålning

$$\frac{q}{A} = \sigma T^4$$

Stefan-Boltzmann

↳ stefan

↳ Boltzmanns konstant =  $5.7 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$

måste modifieras map avvikelse från svart kropp  
och geometri

# Ledning (farts.)

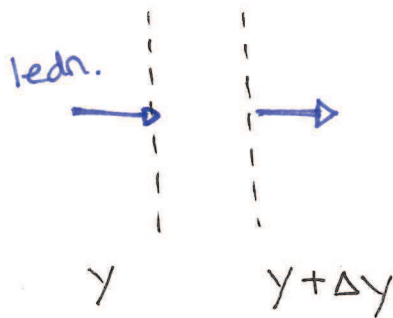
Temperaturprofil (stationärt, 1D, plant)

Värmebalans

$$\cancel{A_{ck}} = \cancel{I_n} - \cancel{U_t} + \cancel{\text{Prod}} \rightarrow \text{ingen prod.}$$

$\swarrow$  stationärt

$$\Rightarrow I_n = U_t$$



$$q_y|_y = q_y|_{y+\Delta y} \quad ; \quad \text{låt } \Delta y \rightarrow 0$$

$$\frac{dq_y}{dy} = 0 \quad \rightarrow \quad q_y = C_1$$

$$\text{Fourier} \rightarrow -KA \frac{dT}{dy} = C_1$$

$$T(y) = C_1 y + C_2$$

Randvillkor

$$T(0) = T_1$$

$$T(L) = T_0$$

$$\left. \begin{array}{l} T(0) = T_1 \\ T(L) = T_0 \end{array} \right\} \rightarrow T(y) = T_1 - \frac{T_1 - T_0}{L} y$$

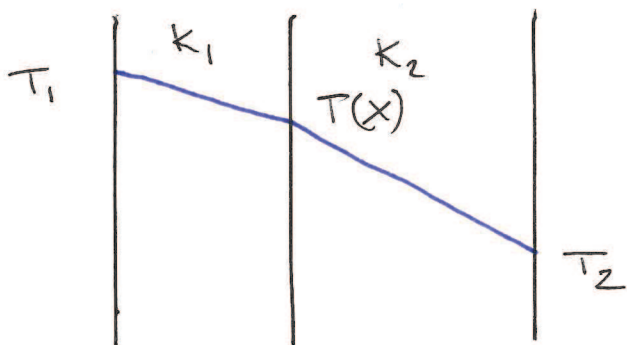
~~Värmeflödet~~

$$\int q_y = \int -kA \frac{dT}{dy}$$

$$q_y = -kA \frac{dT}{dy} \rightarrow \int_0^{\bar{y}} q_y dy = - \int_{T_1}^{T_0} kA dT$$

$$q_y \int_0^{\bar{y}} dy = -kA \int_{T_1}^{T_0} dT$$

$$q_y = \frac{kA}{\bar{y}} (T_1 - T_0)$$



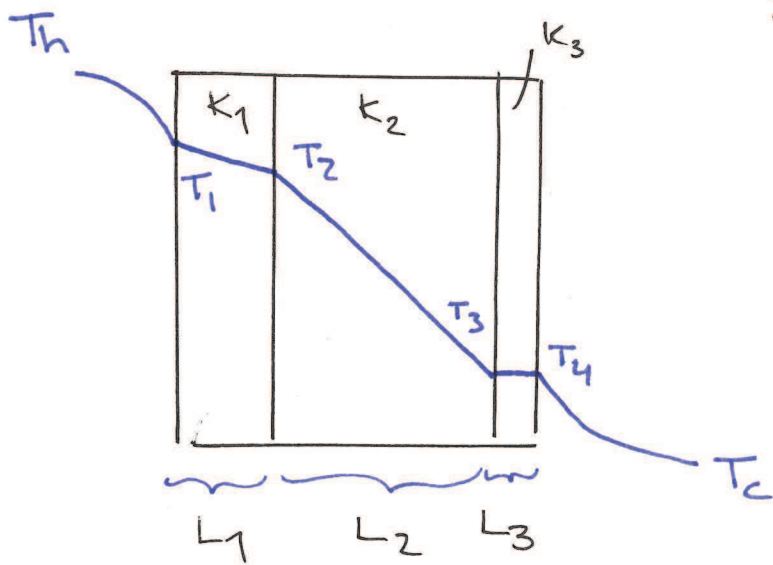
Vilket material har  
högst värmekonduktivitet?

$q_1 = q_2$  ty stationärt!

$$-k_1 A \left( \frac{\Delta T}{y} \right)_1 = -k_2 A \left( \frac{\Delta T}{y} \right)_2$$

Lägst lutning  $\rightarrow$  högst  $k$  dvs material 1

Stationärt - värmeflödet är konstant!



$$\begin{aligned}
 \dot{q}_x &= h_h A (T_h - T_1) = \frac{k_1 A}{L_1} (T_1 - T_2) = \frac{k_2 A}{L_2} (T_2 - T_3) \\
 &= \frac{k_3 A}{L_3} (T_3 - T_4) = h_c A (T_4 - T_c)
 \end{aligned}$$

ledn.
konv.

$$T_h - T_1 = \dot{q}_x \cdot \frac{1}{h_h A}$$

$$T_1 - T_2 = \dot{q}_x \cdot \frac{L_1}{k_1 A}$$

⋮

$$T_4 - T_c = \dot{q}_x \cdot \frac{1}{h_c A}$$

$$\left. \begin{array}{l} T_h - T_1 = \dot{q}_x \cdot \frac{1}{h_h A} \\ T_1 - T_2 = \dot{q}_x \cdot \frac{L_1}{k_1 A} \\ \vdots \\ T_4 - T_c = \dot{q}_x \cdot \frac{1}{h_c A} \end{array} \right\} \Rightarrow T_h - T_c = \dot{q}_x \left( \frac{1}{h_h A} + \frac{L_1}{k_1 A} + \dots + \frac{1}{h_c A} \right)$$

$$\frac{1}{UA} = \frac{1}{h_h A} + \frac{L_1}{k_1 A} + \dots + \frac{1}{h_c A}$$

$$\dot{q}_x = UA \Delta T \quad \left\{ U - \text{total värmegenomgångskoefficient} \right\}$$