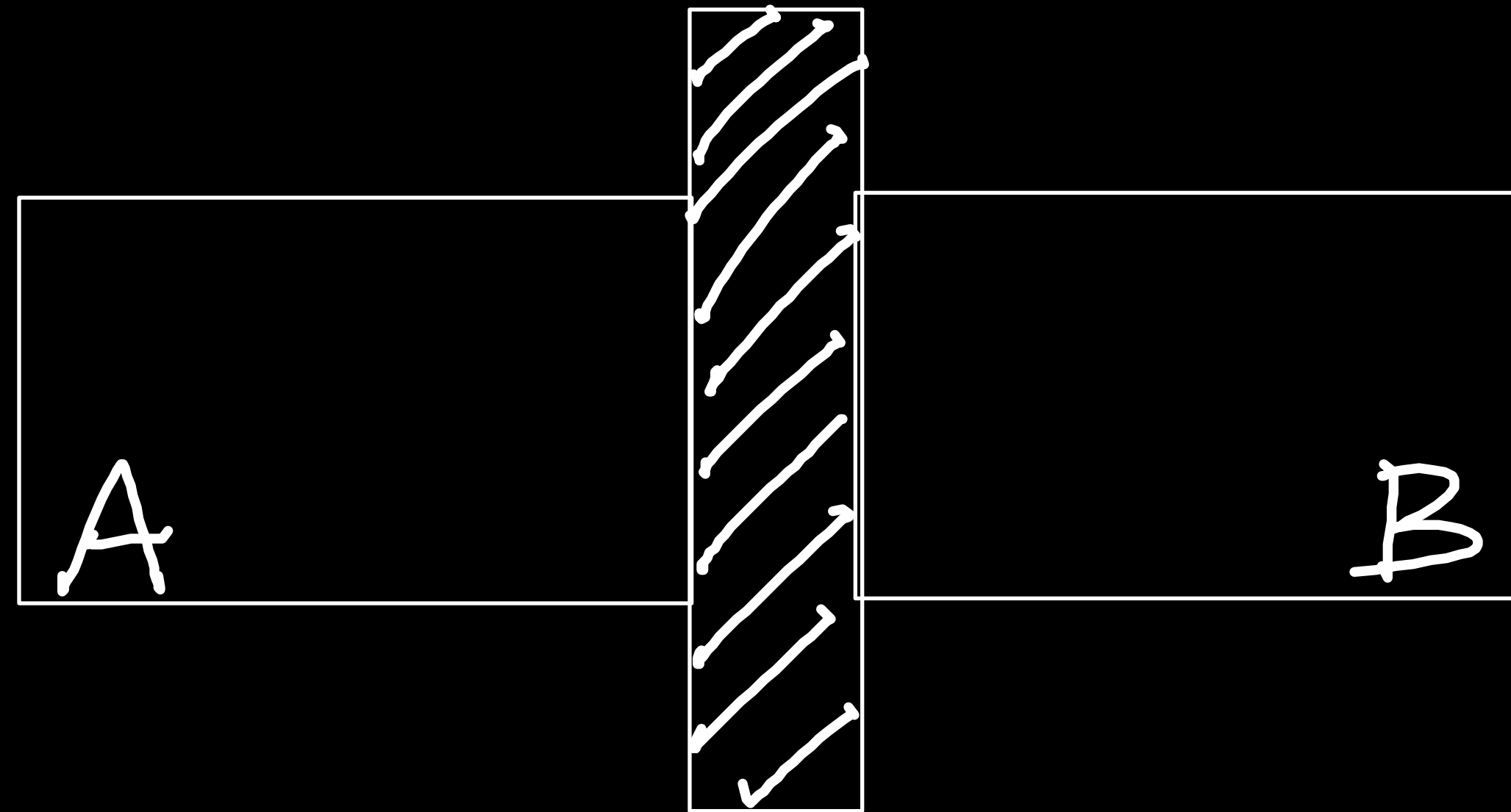


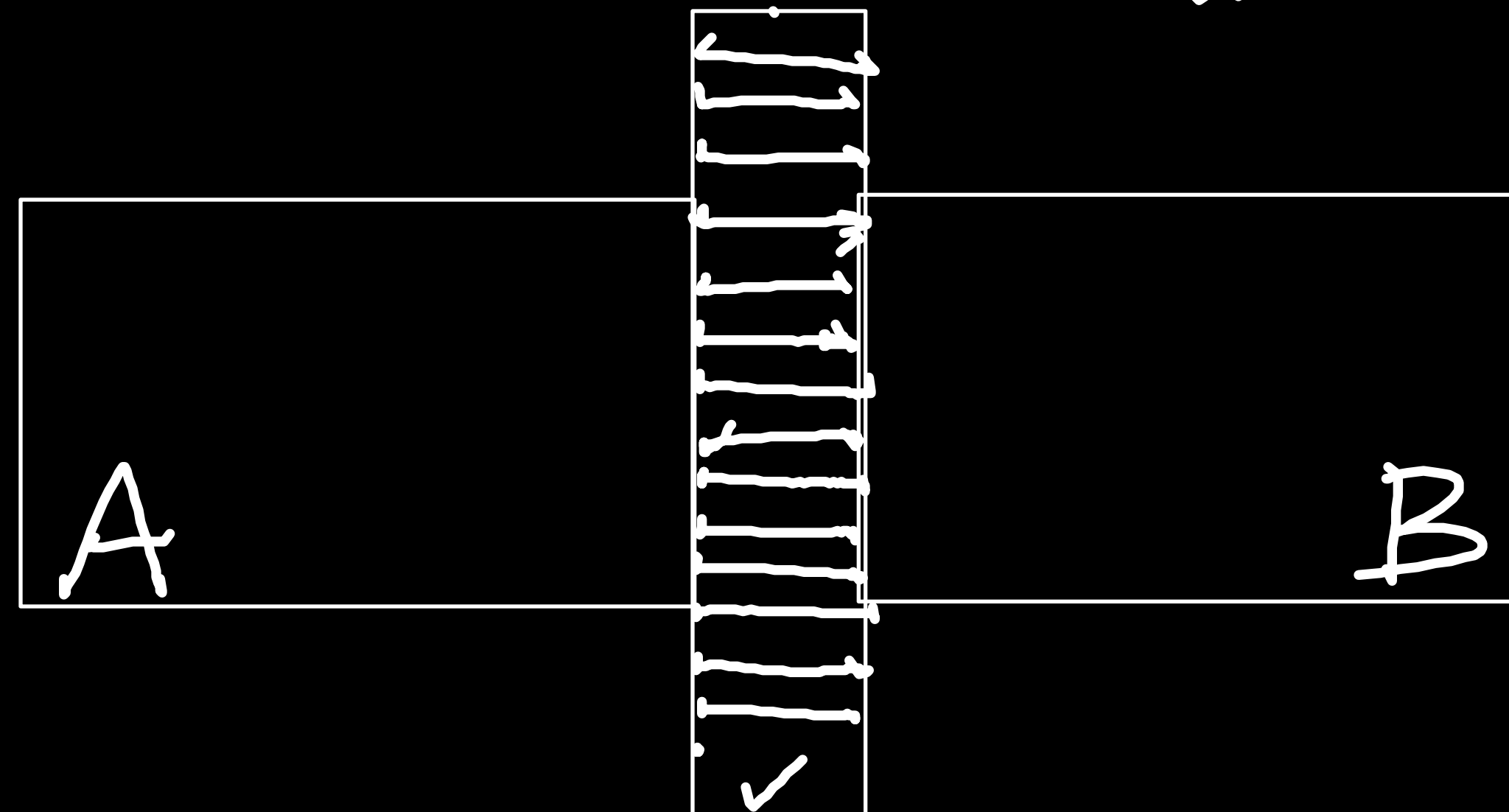
Nello stato di equilibrio le variabili di stato sono costanti e viceversa.

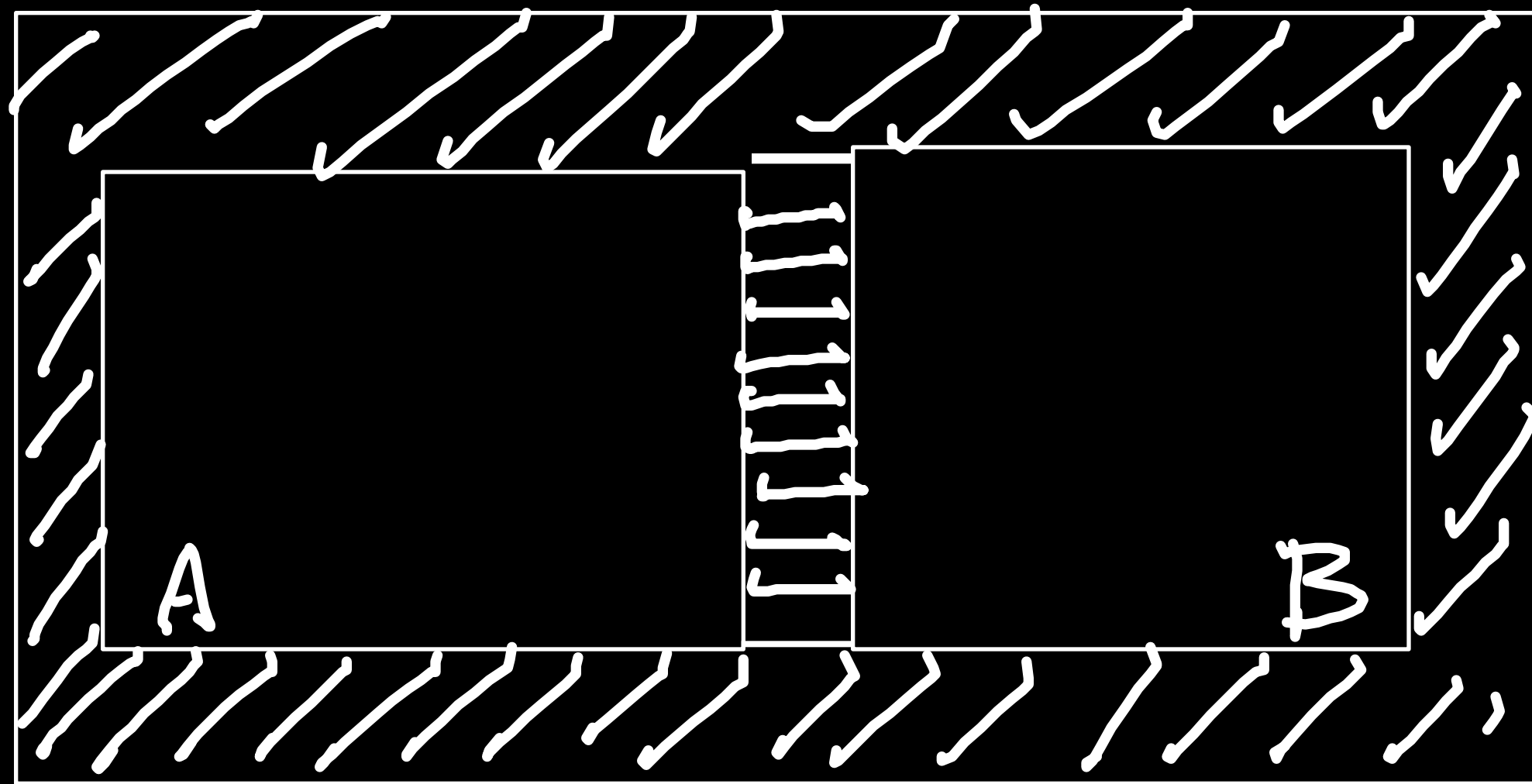
Le variabili di stato di un sistema possono cambiare in seguito all'interazione con un altro sistema.

parete subvassata



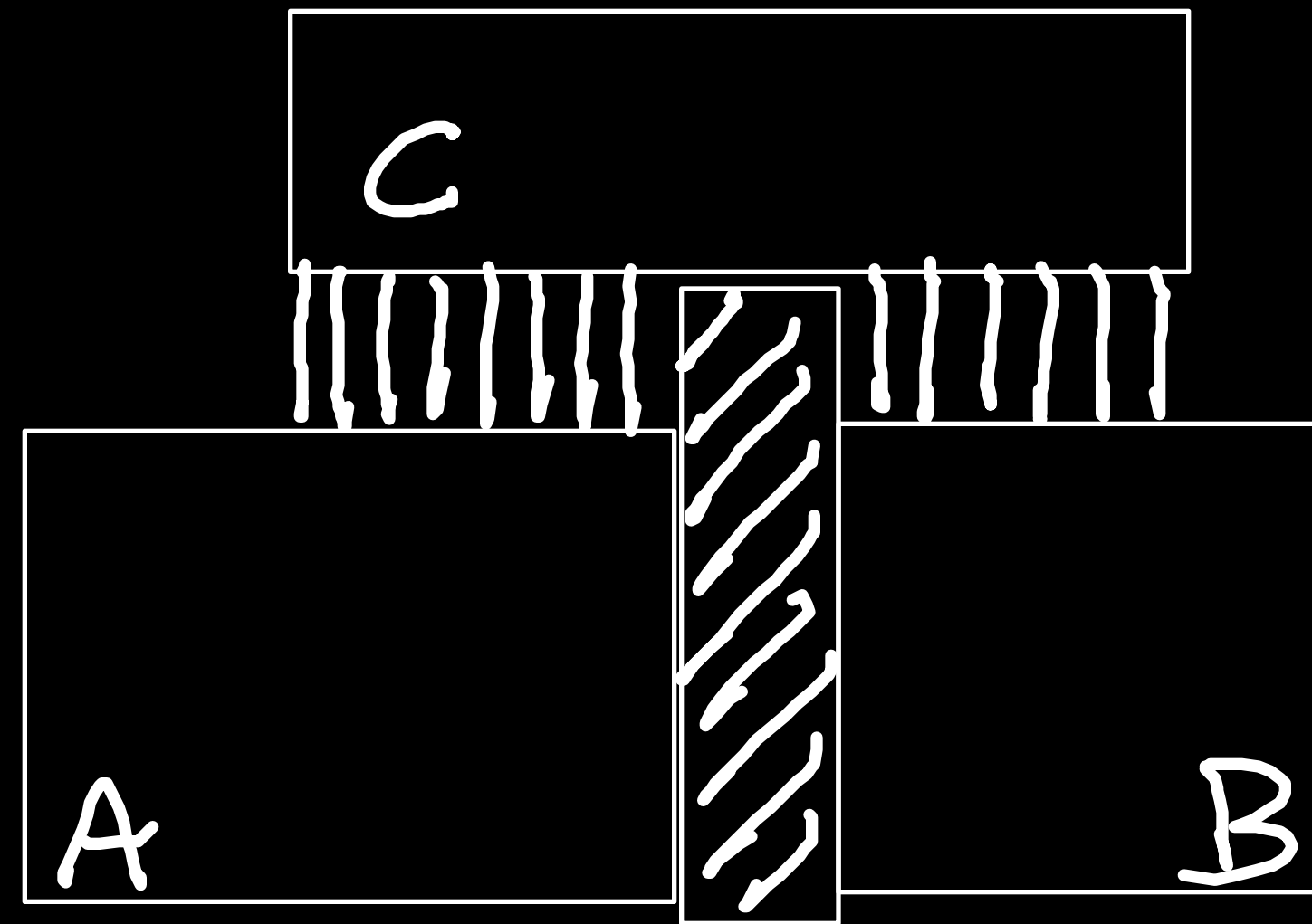
parete diatermica





Dopo un po' di tempo  
stato di equilibrio

A e B equilibrio termico



Dopo  $\Delta t$

A B C saranno in  
equilibrio termico tra loro

# Principio ZERO della TD

Due sistemi che sono in equilibrio

con un terzo sistema

sono in equilibrio tra di loro

# Temperatura, strumenti per misurarla

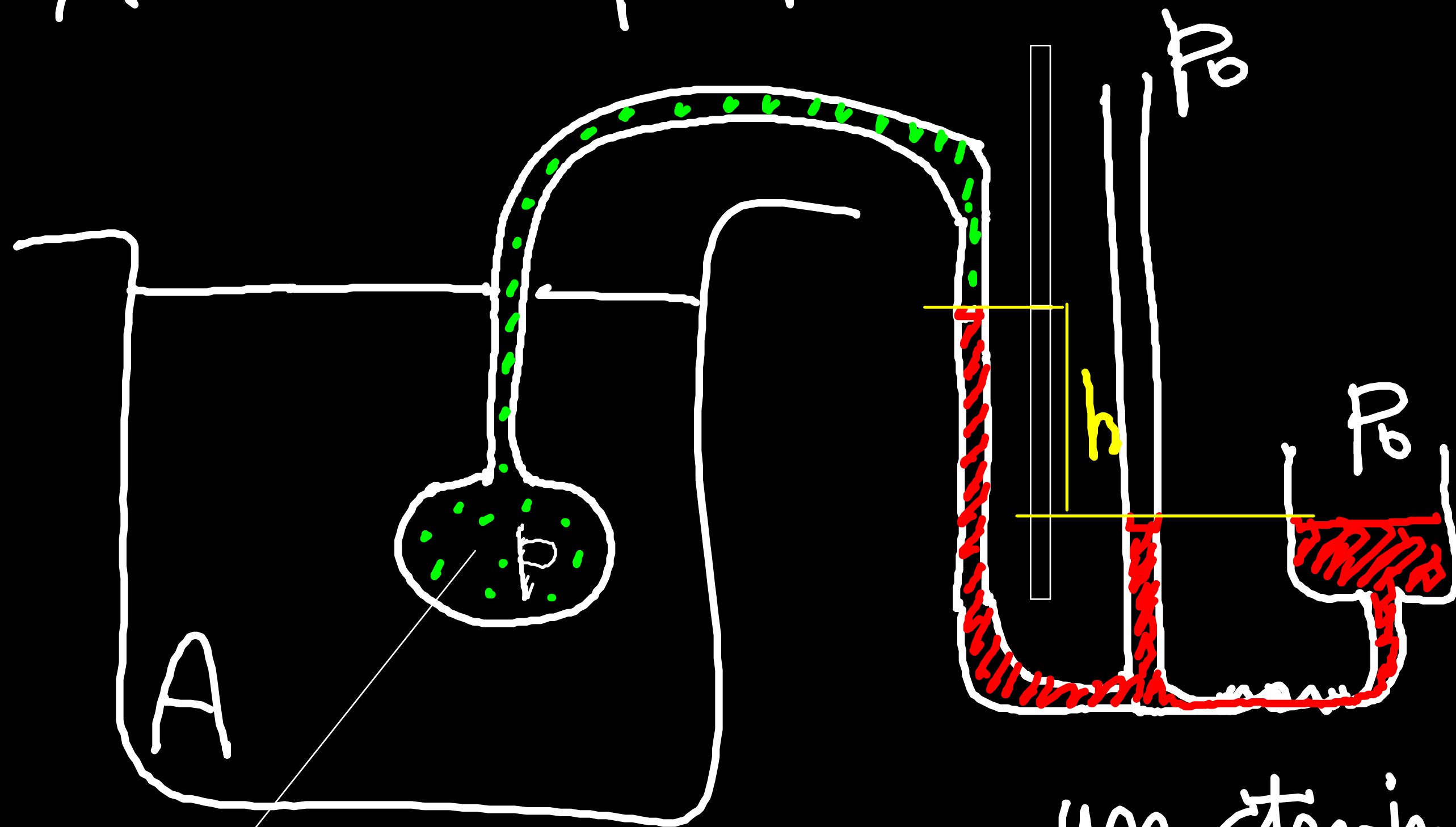
## termometri

- mercurio      espansione       $\Delta l$
- a termocoppia      giunzione  
due materiali       $\Delta V$
- a resistenza  
elettrica      variazione della  
resistività  $\rho$        $R$
- moltissimi altri
- una esperienza      ottica      reticolo di Bragg  $n \rightarrow \lambda$

# Termometro a gas a volume costante

Assumo proporzionalità

$$P \propto T$$
$$P_A \leftrightarrow T_A$$



bulbo con gas  
rarefatto

uso sterino  
per misura  
 $P_A$

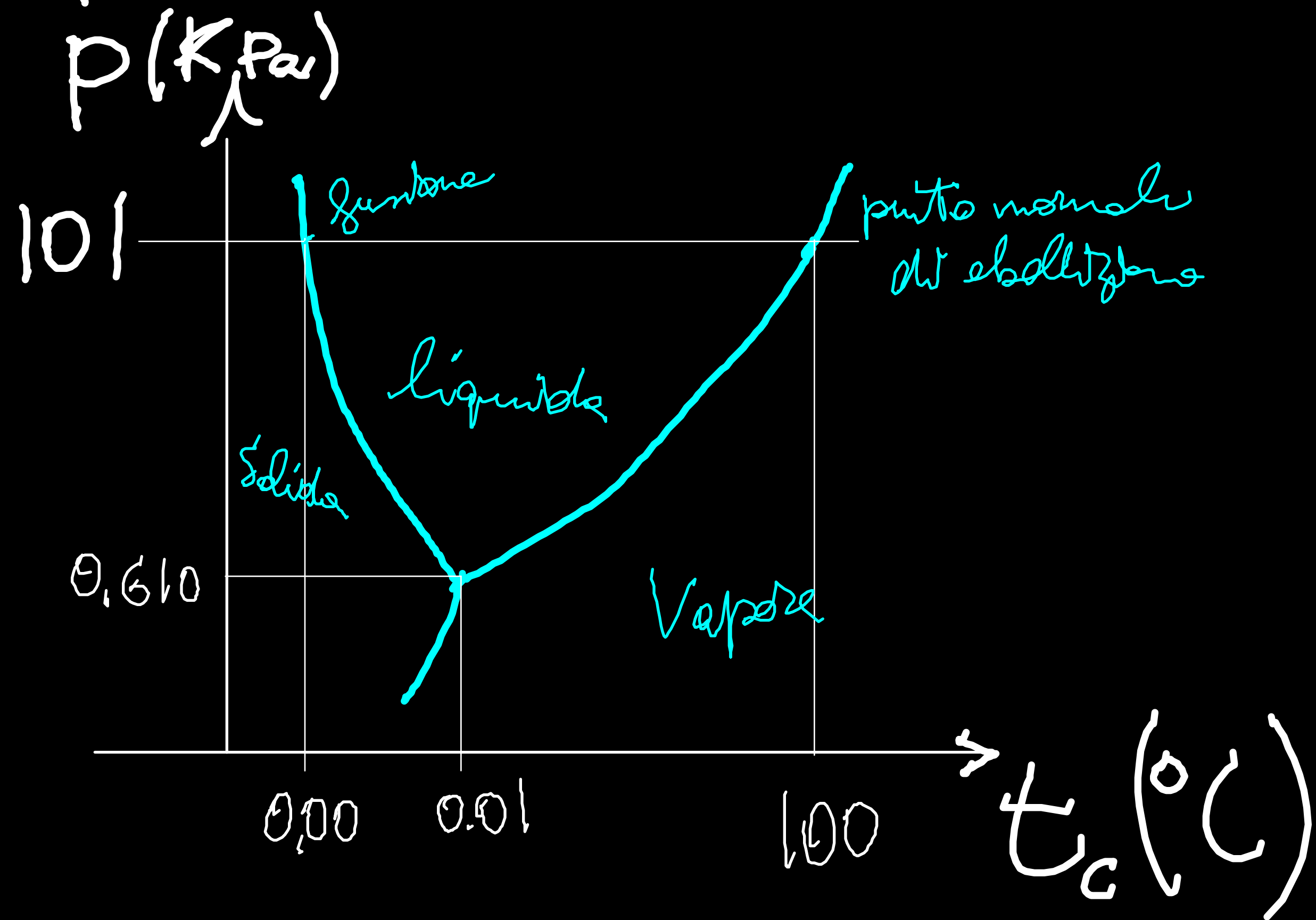
B  $T_B \leftrightarrow P_B$

$\frac{T_B}{T_A} = \frac{P_B}{P_A} \Rightarrow$  ho una misura  
relativa per  
la temperatura

Manca ancora un riferimento assoluto  
(Scala termometrica)



Per convenzione si sceglie come punto fisso il punto triplo dell'acqua



fusione  
ebollizione  
sublimazione

COINCIDONO

$$T_3 = 273.16 \text{ K}$$

K scala Kelvin

~~Grado Kelvin~~  
No → dal 1967

grado Celsius  $^{\circ}\text{C}$

$$\frac{T_B}{T_A} = \frac{P_B}{P_A}$$

con scala detta e usando K

$$T = (273.16 \text{ K}) \frac{P}{P_3}$$

pressione del  
gas del termometro  
quando è in equilibrio  
con punto triplo

# Temperatura del gas perfetto

diminuendo la pressione misurata

diminuisce la temp. "

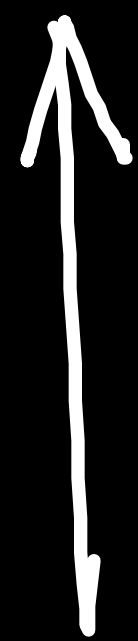
$$\text{Se } p \rightarrow 0 \Rightarrow T \rightarrow 0$$

Fino allo zero assoluto

Però i gas reali cambiano fase  $\rightarrow$  possono spingermi fino a pochi K

inoltre ci sono effetti dovuti alla concentrazione

$$T \equiv \lim_{p_3 \rightarrow 0} \left( \frac{p}{p_3} \right) 273.16 \text{ K}$$



temperatura del gas perfetto

$$t_c = T - 273.15 \text{ K} \quad \text{Celsius}$$

$$t_F = \frac{9}{5} t_c + 32^\circ \text{F}$$

$$t_c = \frac{5}{9} (t_F - 32^\circ \text{F})$$

# Dilatazione termica

lineare

$$\Delta T = T - T_0$$

$$\Delta L = L - L_0$$

in prima appross.

$$\Delta L = \alpha_0 L_0 \Delta T$$

volumica (o cubica)

$$\Delta V = \beta V_0 \Delta T$$

↑ coeff. dilat. cubica

↑ coefficiente di dilatazione lineare in "0"

# 16.7 Trasmissione del calore

Come faccio ad aumentare la  $T$  del sistema A?

→ ricevendo trasferendo una forma di energia attraverso un altro sistema B che ha una temperatura maggiore, o l'ambiente stesso.



DEF → CALORE : energia fra  
un sistema e il suo ambiente <sup>contattante</sup>  
a causa della differenza di temperatura  
fra i due.

**ATTENZIONE** : il calore NON È una variabile  
di stato del sistema, ma solo una quantità di  
energia trasferita.  
Non appartiene, non è presente, è fornito, è sottratto

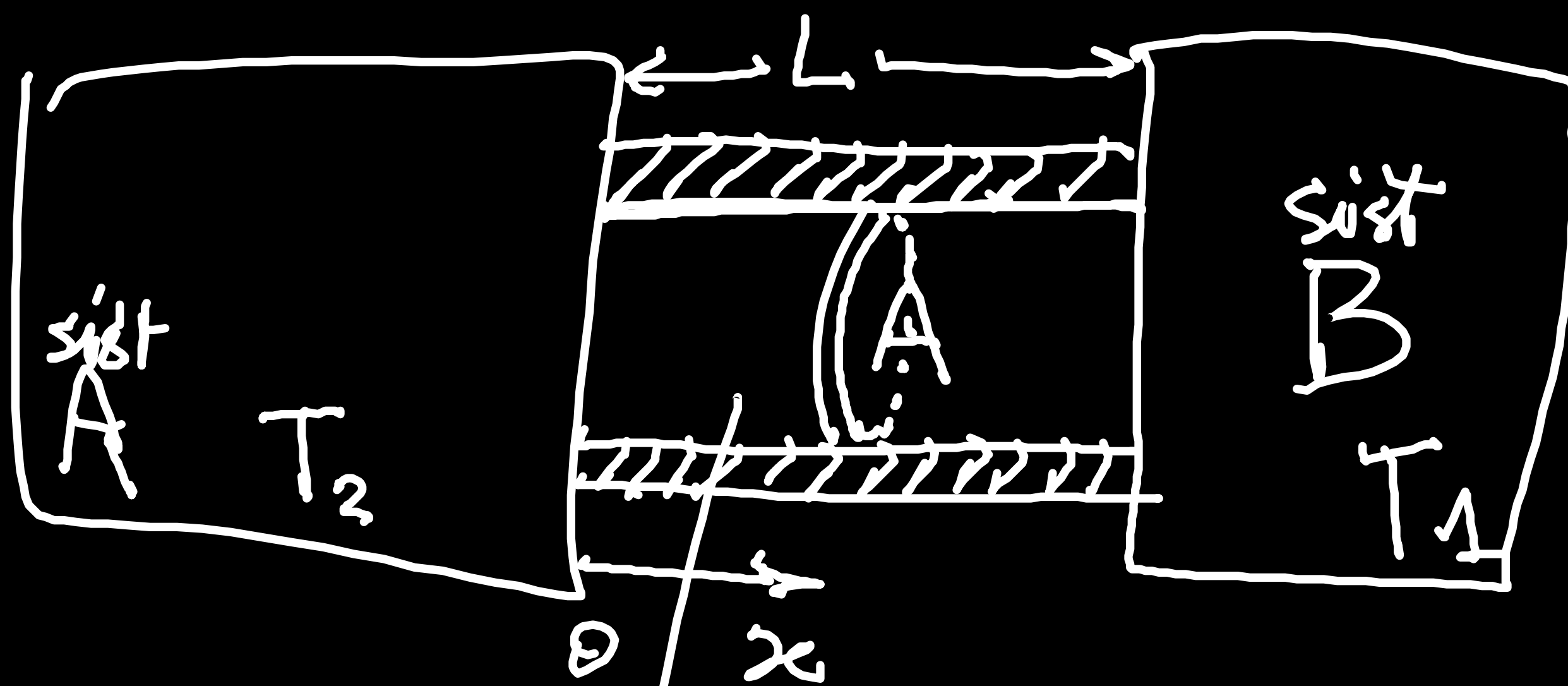
Uso il simbolo  $Q$  unità J

Ho 3 possibili processi  
per trasmettere il calore:

- Conduzione
- Convezione
- irraggiamento

# Condizione

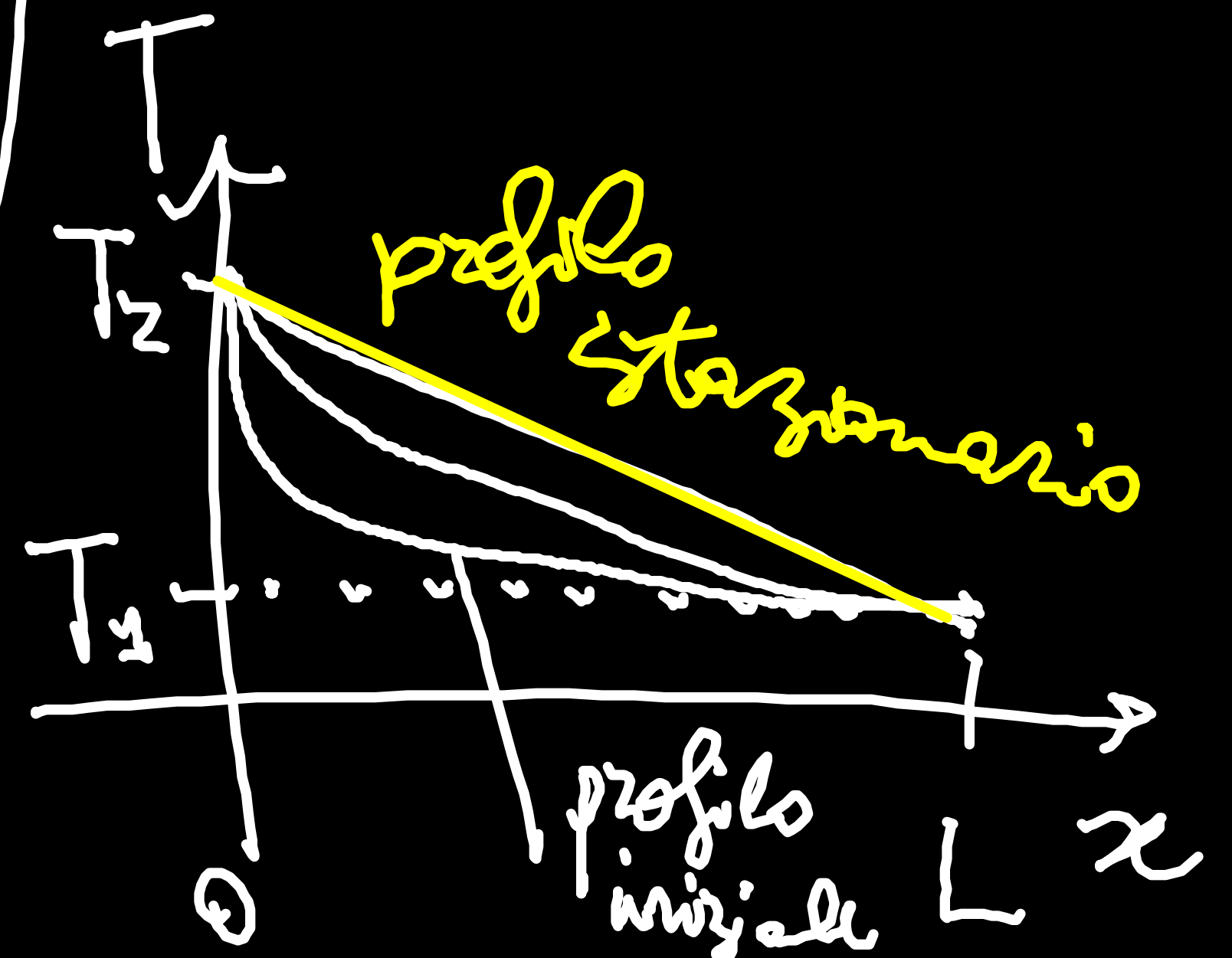
trasmissione fra sistema A e B  
attraverso un mezzo (solido o liquido) non in moto



$$T_2 > T_1$$

Barra omogenea  
a sez. cost

Corrente  
termica  $C = \frac{Q}{\Delta t}$



Corrente termica  $C = \frac{Q}{\Delta t}$  nel SI W

sezione

In regime stazionario  $C = k A \frac{T_2 - T_1}{L}$

Coeff.

cond.

termica

$k$  ordine 100

per buoni  
o ottimi

cond. term. (metalli)

$k$  in SI

per isolare bene  $\ll 1$

$W m^{-1} K$

metalli buoni/ottimi conduttori  $\begin{cases} \text{termici} \\ \text{elettrici} \end{cases}$

eccezione  $\rightarrow$  Diamante  $\begin{cases} \text{eccezionale} \\ \text{cond. termico} \end{cases}$

$\begin{cases} \text{eccezionale} \\ \text{isolante!} \end{cases}$

segno meno  
perché il  
calore va da  
 $T^+$  a  $T^-$

$$C = -k A \frac{dT}{dx}$$

$\underbrace{\hspace{10em}}_{\text{gradiente termico}}$

"Valore R" (non è la res. termica)

$$\Delta T = \frac{C}{A} \frac{\Delta x}{\underbrace{K}_{R}}$$

→ nel SI

$$\frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}$$

$$\Delta T = \frac{C}{A} R$$