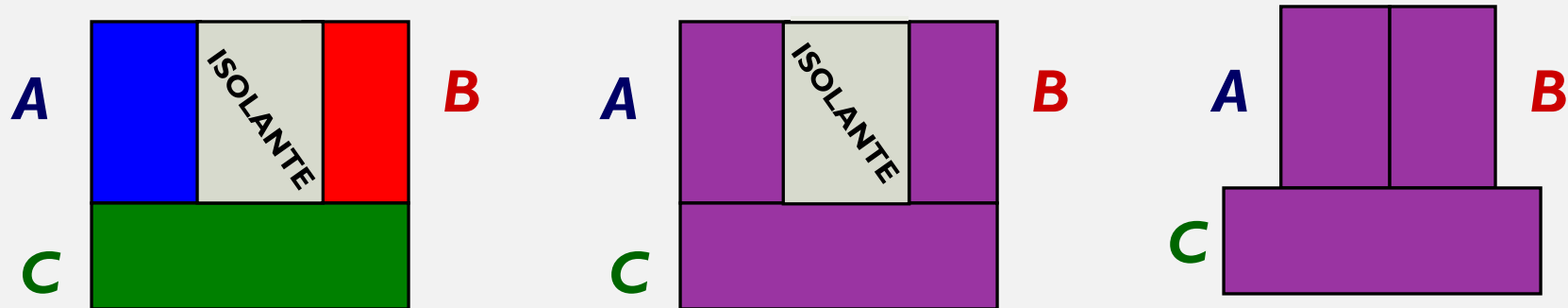


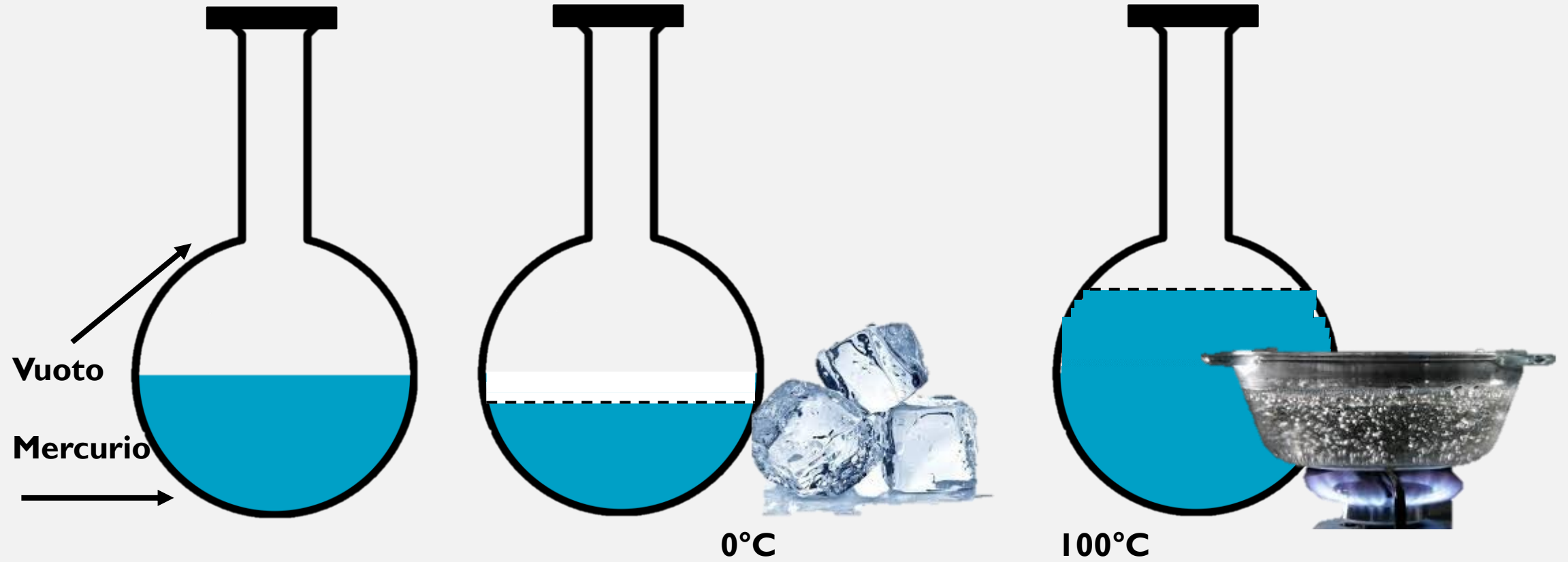
# **TERMOLOGIA**

# PRINCIPIO ZERO DELLA TERMODINAMICA



Due corpi in equilibrio termico con un terzo, sono in equilibrio termico tra di loro → **PRINCIPIO ZERO DELLA TERMODINAMICA**

# SCALE DI TEMPERATURA

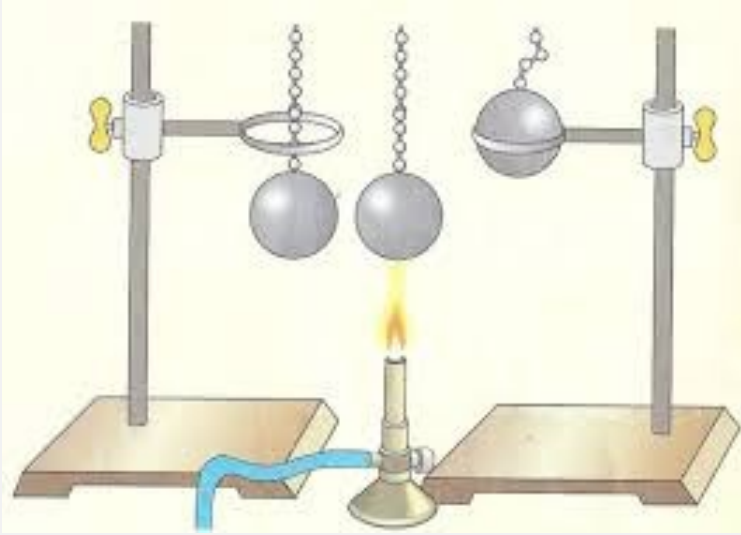


$$\Delta T_F = \Delta T_C \cdot 1.8 \frac{^\circ F}{^\circ C}$$

$$T_F = \left( 1.8 \frac{^\circ F}{^\circ C} \right) T_C + 32^\circ F$$

$$T_C = \frac{T_F - 32^\circ F}{1.8^\circ F / ^\circ C}$$

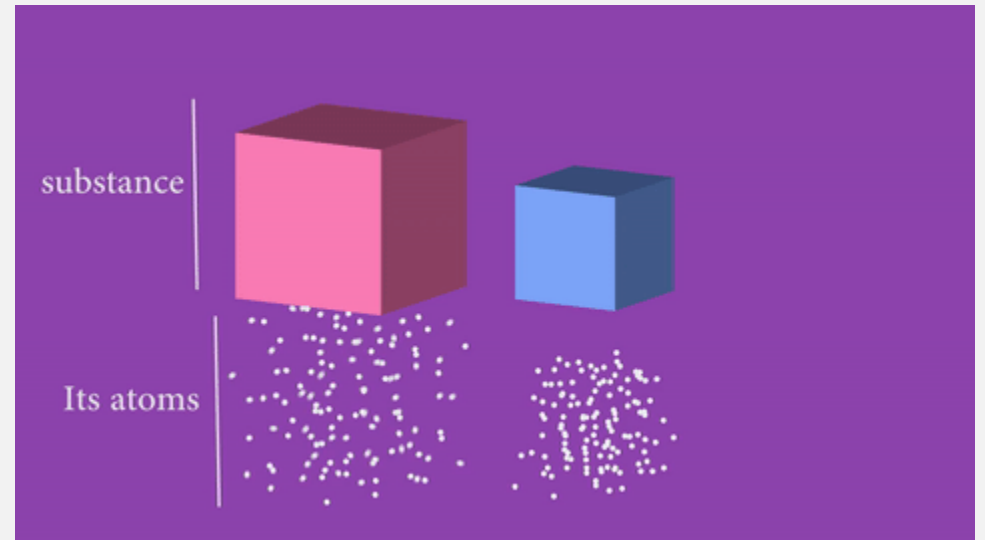
# DILATAZIONE TERMICA VOLUMICA



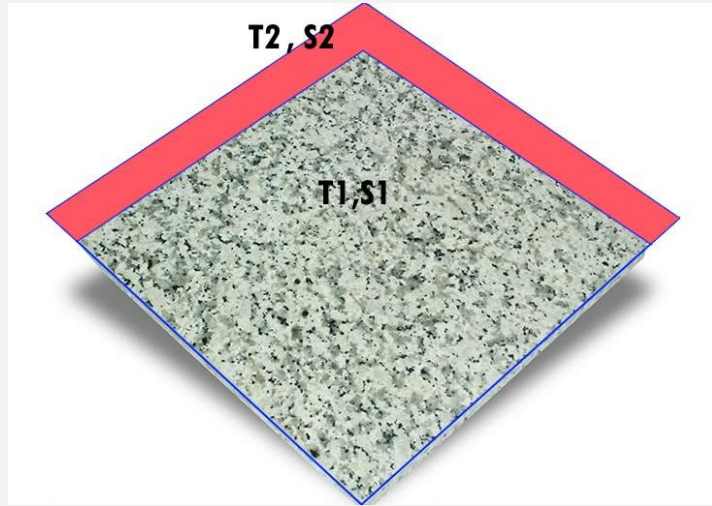
$$V(T) = V_0(1 + \alpha\Delta T) \quad [\alpha] = \text{°C}^{-1}$$

Coefficiente di dilatazione  
termica volumica

Esperimento dell'anello di Gravesande

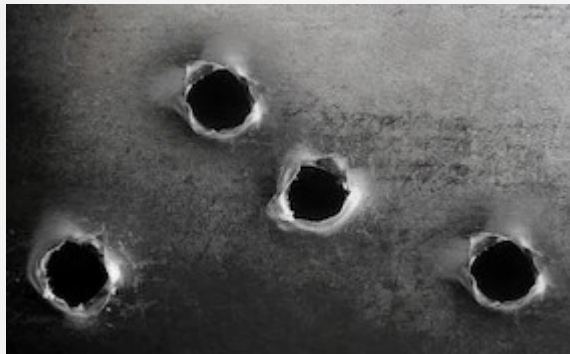


# DILATAZIONE TERMICA SUPERFICIALE



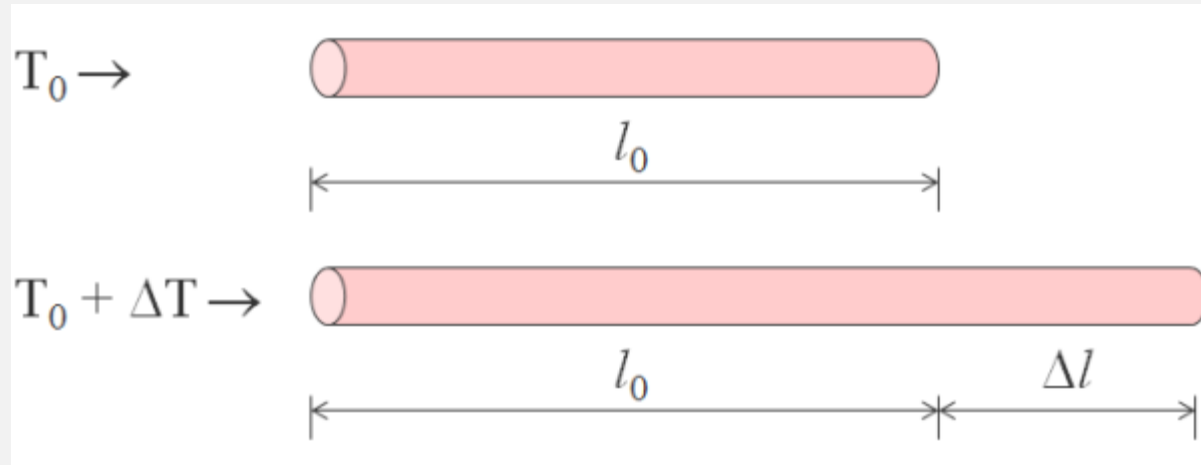
$$S(T) = S_0(1 + \beta\Delta T) \quad [\beta] = \text{°C}^{-1}$$

↑  
Coefficiente di dilatazione termica  
superficiale



# DILATAZIONE TERMICA LINEARE

$$L(T) = L_0(1 + \lambda\Delta T) \quad [\lambda] = \text{°C}^{-1}$$



Coefficiente di dilatazione  
termica lineare

# DILATAZIONE TERMICA

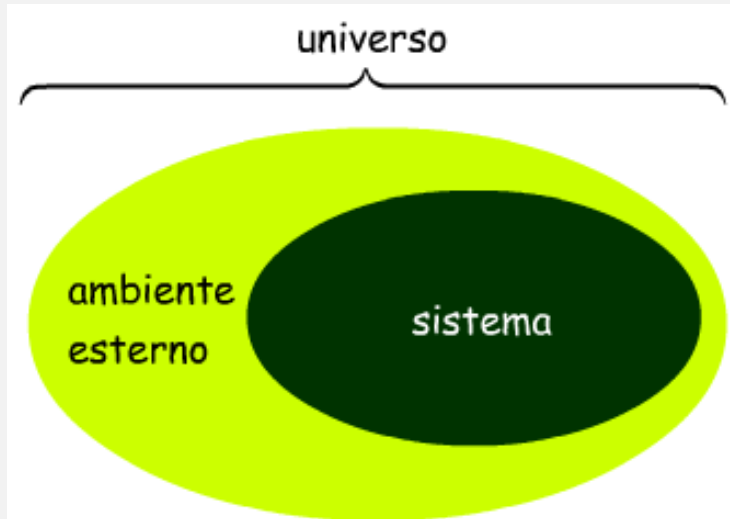
Materiale	Coefficiente di dilatazione lineare, $\lambda(\text{C}^\circ)^{-1}$	Coefficiente di dilatazione volumica, $\alpha(\text{C}^\circ)^{-1}$
<i>Solidi</i>		
Alluminio	$25 \times 10^{-6}$	$75 \times 10^{-6}$
Ottone	$19 \times 10^{-6}$	$56 \times 10^{-6}$
Ferro o acciaio	$12 \times 10^{-6}$	$35 \times 10^{-6}$
Piombo	$29 \times 10^{-6}$	$87 \times 10^{-6}$
Vetro (pyrex)	$3 \times 10^{-6}$	$9 \times 10^{-6}$
Vetro	$9 \times 10^{-6}$	$27 \times 10^{-6}$
Quarzo	$0.4 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-6}$
Cemento e mattoni	$\approx 12 \times 10^{-6}$	$\approx 36 \times 10^{-6}$
Marmo	$1.4-3.5 \times 10^{-6}$	$4-10 \times 10^{-6}$
<i>Liquidi</i>		
Benzina		$950 \times 10^{-6}$
Mercurio		$180 \times 10^{-6}$
Alcol etilico		$1100 \times 10^{-6}$
Glicerina		$500 \times 10^{-6}$
Acqua		$210 \times 10^{-6}$
<i>Gas</i>		
Aria (e molti altri gas a pressione atmosferica)		$3400 \times 10^{-6}$

I coefficienti di dilatazione termica sono correlati

$$\beta \cong 2\lambda \quad \alpha \cong 3\lambda$$

# DAL PUNTO MATERIALE AL SISTEMA

Un sistema è una porzione finita di materia, un corpo o un insieme di corpi separati dall'ambiente circostante da una superficie chiamata **CONFINE** del sistema.



GRANDEZZE MISURABILI:

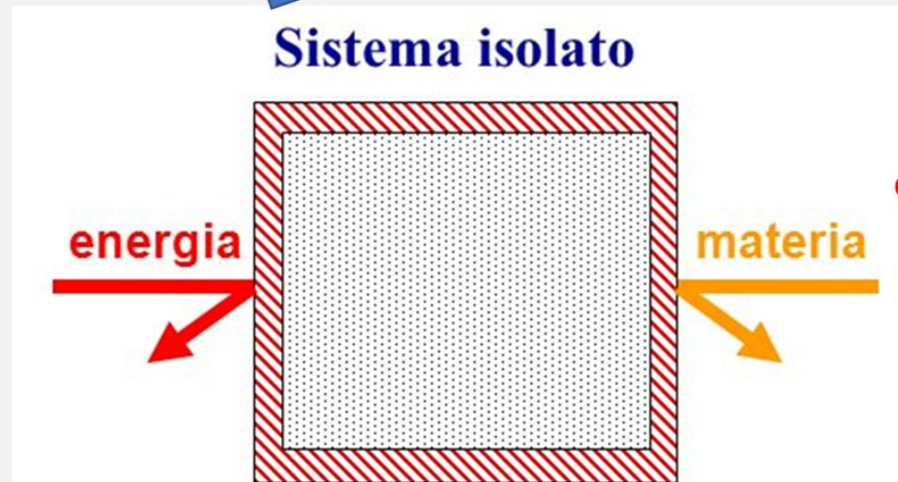
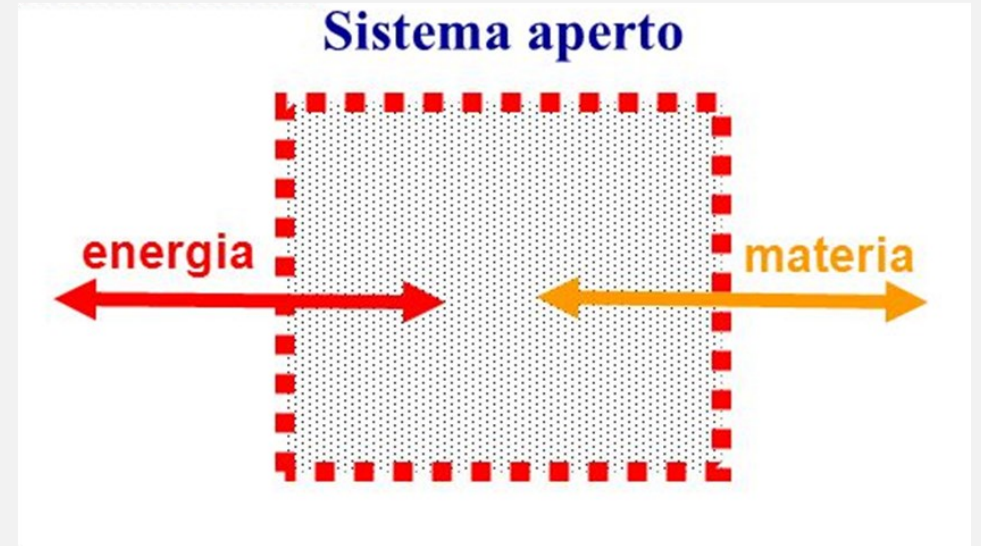
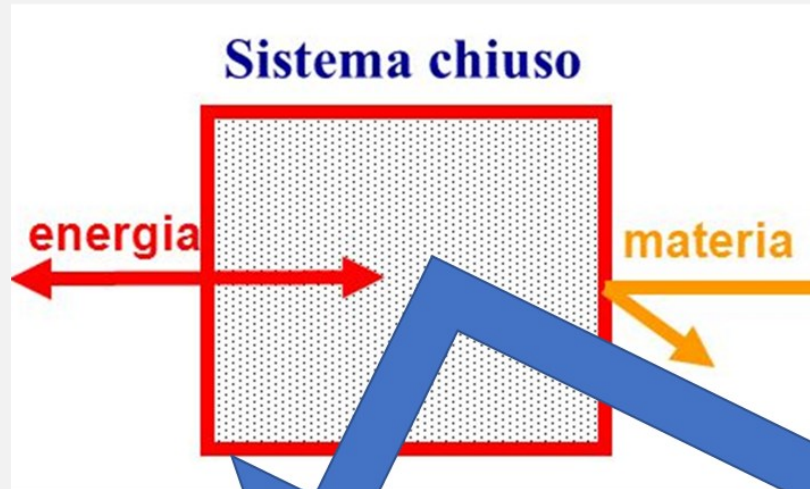
Macroscopiche: Volume, Temperatura, Pressione, Densità

Variabili macroscopiche ↔ Variabili microscopiche

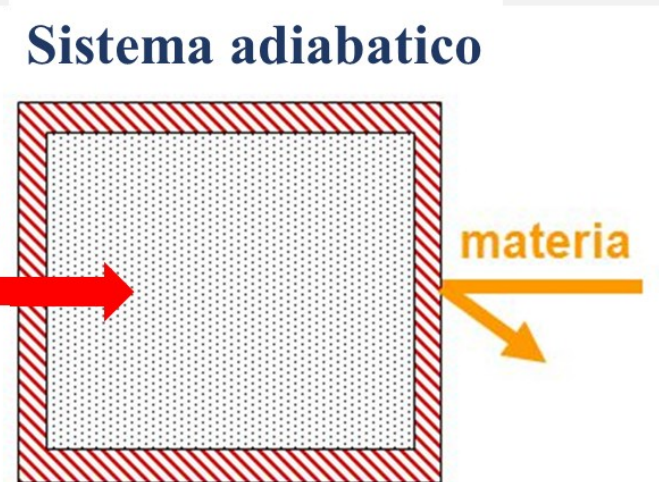




# IL SISTEMA



energia meccanica,  
ma non termica



# VARIABILI TERMODINAMICHE

Sono grandezze indipendenti che servono a descrivere il sistema.

## **INTENSIVE**

Pressione, Temperatura, Densità

## **ESTENSIVE**

Massa, Volume, Energia

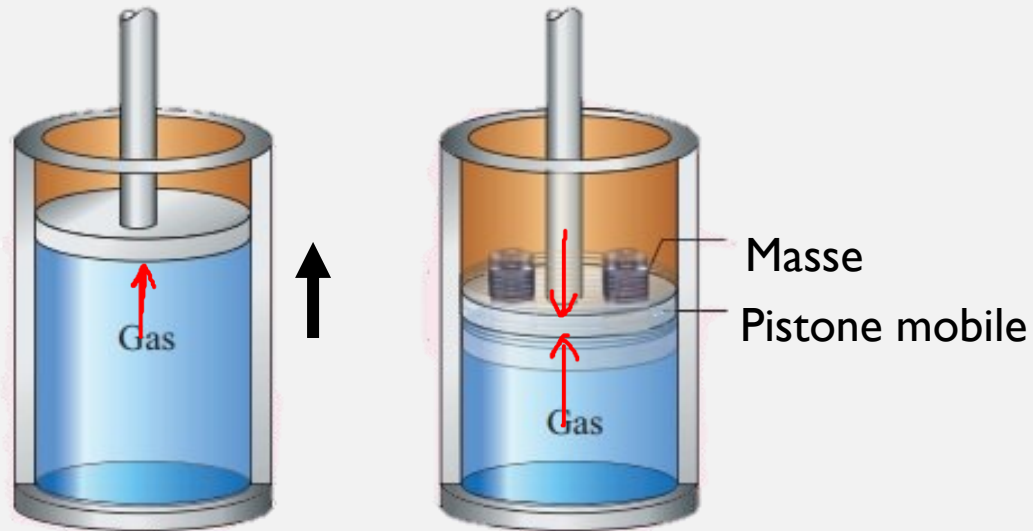
Sono additive:  
 $10\text{ml H}_2\text{O} + 5\text{ml H}_2\text{O} = 15\text{ml H}_2\text{O}$



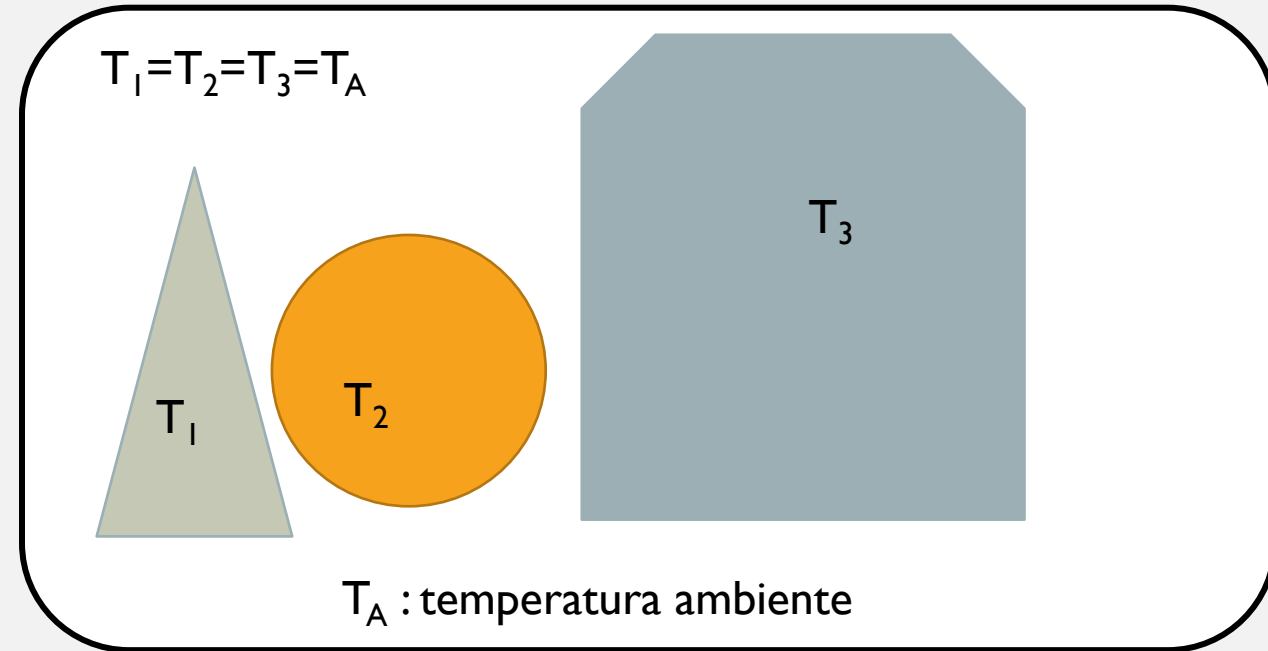
Non sono additive:  
 $10\text{ml H}_2\text{O a } 25^\circ\text{C} + 5\text{ml H}_2\text{O a } 25^\circ\text{C} = 15\text{ml H}_2\text{O a } 25^\circ\text{C}$

# EQUILIBRIO TERMODINAMICO

## EQUILIBRIO MECCANICO



## EQUILIBRIO TERMICO



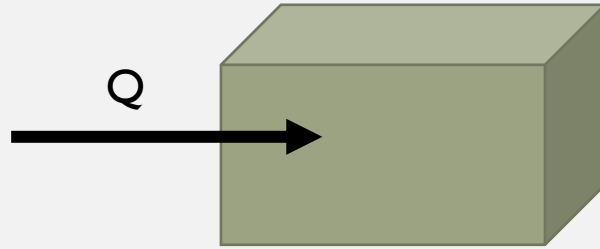
## EQUILIBRIO CHIMICO

Non ci sono reazioni che alterino la composizione relativa del sistema.

# CALORIMETRIA

CALORE:  $Q$   $[Q] = [E] = J$  o *cal*

$$1 \text{ cal} = 4.186 \text{ J}$$



$$Q = C\Delta T$$

$C$ : capacità termica  
 $Q > 0$  se il corpo assorbe calore  
 $Q < 0$  se il corpo cede calore

se  $C \rightarrow \infty$  allora è una sorgente termica.

La sorgente termica cede o assorbe calore senza che la sua temperatura cambi

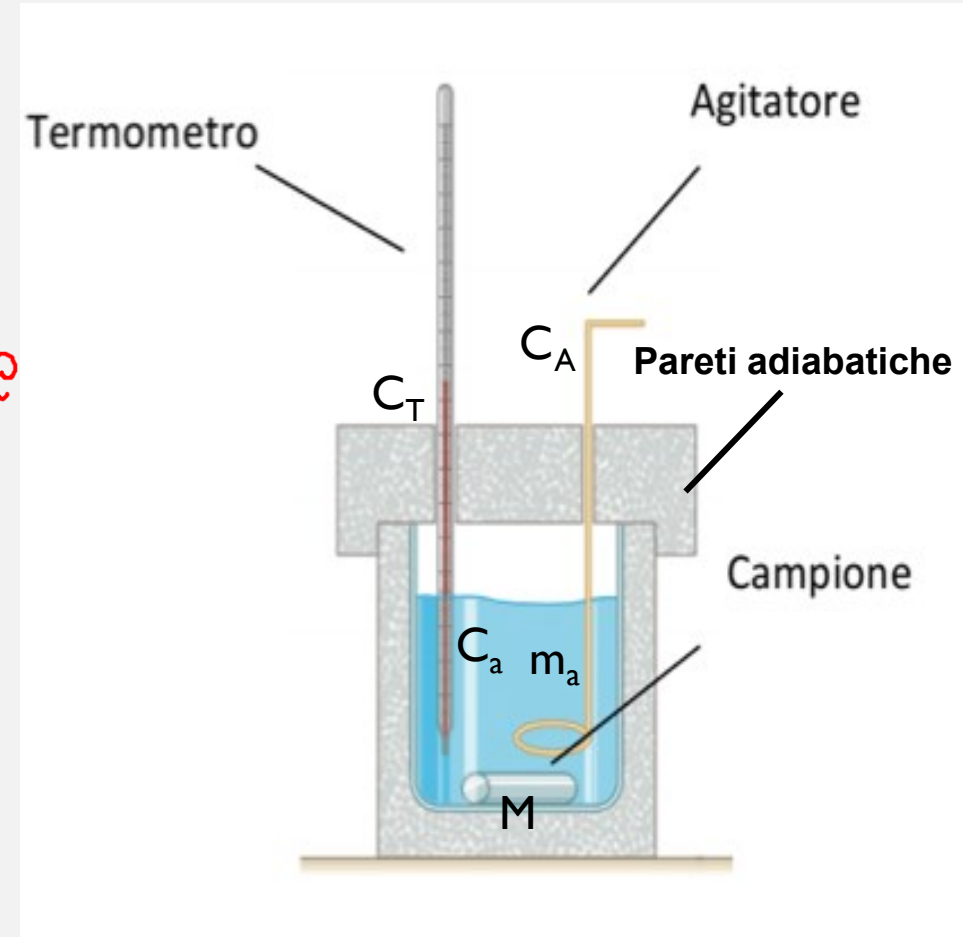
$$Q = cm\Delta T$$

$c$ : calore specifico  $[c] = J Kg^{-1} K^{-1} = Kg m s^{-2} m Kg^{-1} K^{-1} = \frac{m^2}{s^2 K}$

$$[C] = [c]Kg = \frac{m^2 Kg}{s^2 K}$$

# CALORIMETRO DELLE MESCOLANZE

$$\boxed{Q_1 + Q_2 = 0} \quad Q_1 = \underbrace{c_x M}_{\Delta T} (T_f - T_0) \quad Q_2 = \underbrace{(c_a m_a + C_T + C_A)}_{T_{\text{iniziale H}_2\text{O}}} (T_f - T_i)$$
$$c_x M (T_f - T_0) + (c_a m_a + C_T + C_A) (T_f - T_i) = 0$$
$$\rightarrow c_x = (c_a m_a + C_T + C_A) \frac{(T_i - T_f)}{M (T_f - T_0)}$$

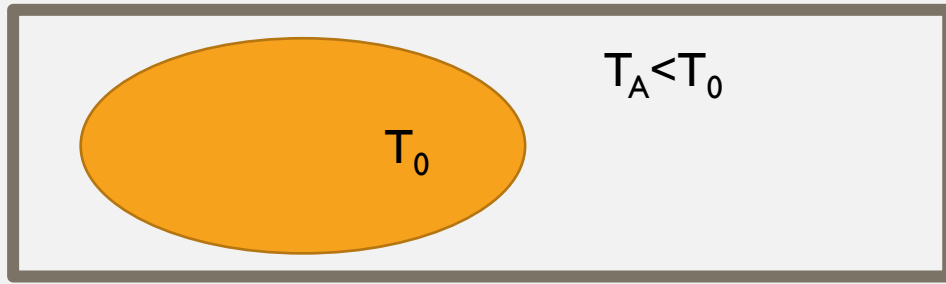


Calore specifico del gas dipende dalla trasformazione termodinamica a cui il gas è sottoposto

$$c_p = \left( \frac{Q}{n\Delta T} \right)_{p=cost} \quad \text{ISOBARA}$$

$$c_V = \left( \frac{Q}{n\Delta T} \right)_{V=cost} \quad \text{ISOCORA}$$

	Gas monoatomico	Gas biatomico	Gas poliatomico (atomi non allineati)
Calore specifico a pressione costante	$c_p = \frac{5}{2} \cdot R$	$c_p = \frac{7}{2} \cdot R$	$C_p = 4 \cdot R$
Calore specifico a volume costante	$c_V = \frac{3}{2} \cdot R$	$c_V = \frac{5}{2} \cdot R$	$C_V = 3 \cdot R$
	$\gamma = \frac{5}{3}$	$\gamma = \frac{7}{5}$	$\gamma = \frac{4}{3}$

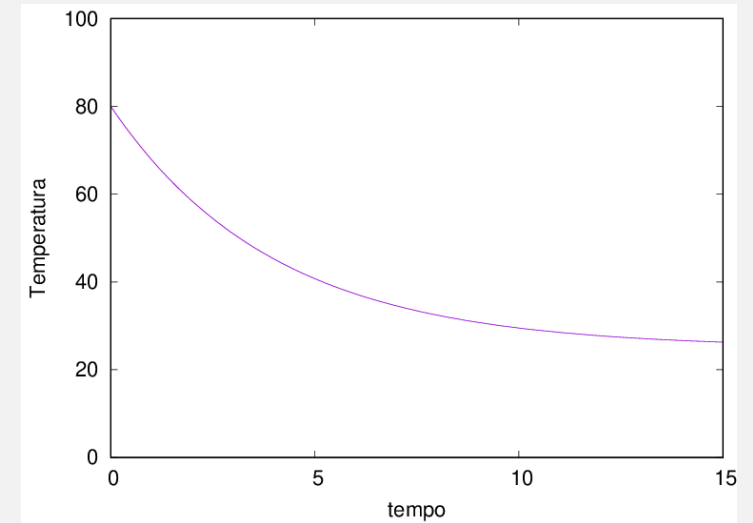


$$dQ = -b(T - T_A)dt \quad dQ = cmdT \quad cmdT = b(T_A - T)dt \quad \frac{dT}{T - T_A} = -\frac{b}{cm}dt$$

$$\int_{T_0}^{T(t)} \frac{dT}{T - T_A} = -\int_0^t \frac{b}{cm}dt \quad \ln\left(\frac{T - T_A}{T_0 - T_A}\right) = -\frac{bt}{cm} \quad T = T_A + (T_0 - T_A)e^{-\frac{bt}{cm}}$$

$$T = T_A + (T_0 - T_A)e^{-\frac{t}{\tau}} \quad \tau = \frac{mc}{b}$$

$\tau$ : costante di tempo nel processo di raffreddamento



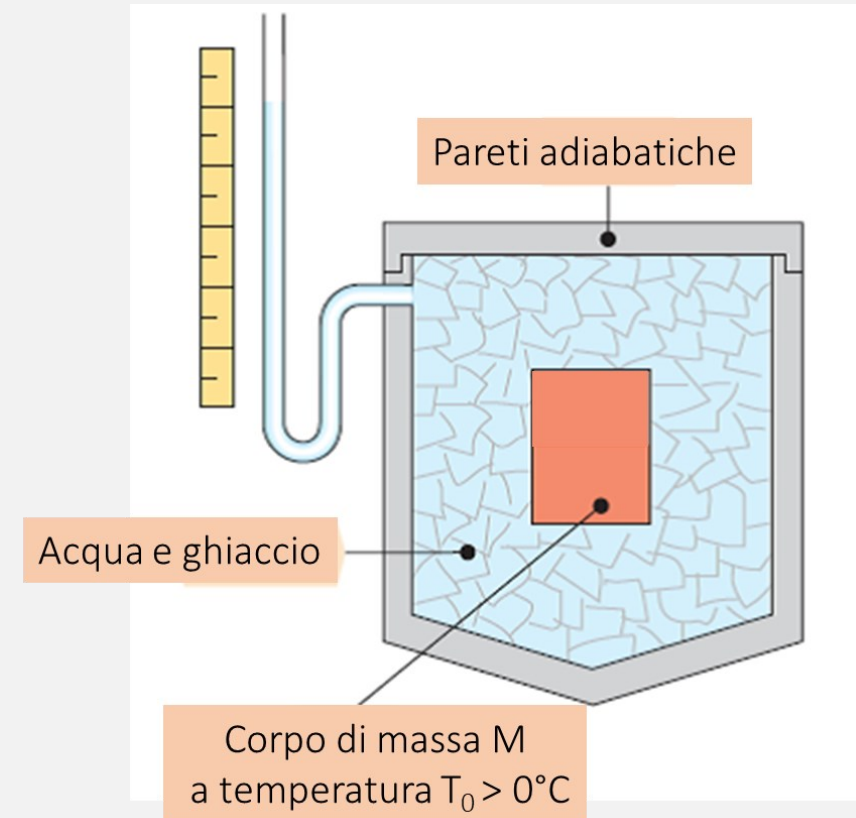


# CALORIMETRO A GHIACCIO

$$\lambda_f = 3.335 \cdot 10^5 \frac{J}{Kg} \text{ calore latente di fusione del ghiaccio}$$

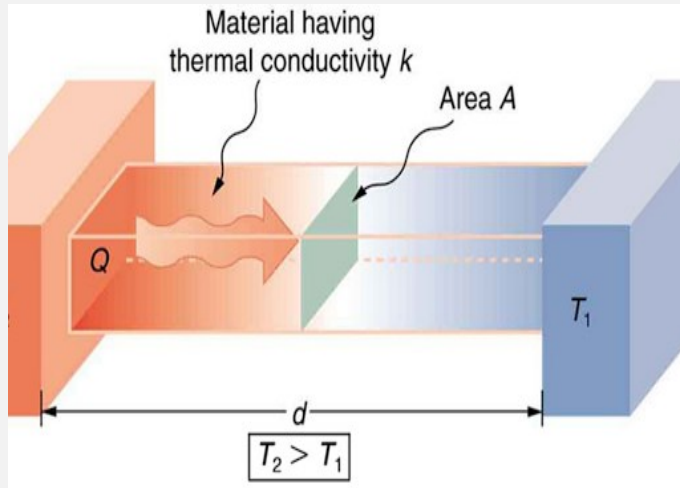
$$Q_1 = \lambda_f m \quad Q_2 = c_x M(0 - T_0) \quad Q_1 + Q_2 = 0$$

$$\lambda_f m + c_x M(0 - T_0) = 0 \quad c_x = \frac{\lambda_f m}{MT_0}$$



# TRASMISSIONE DEL CALORE

## Conduzione

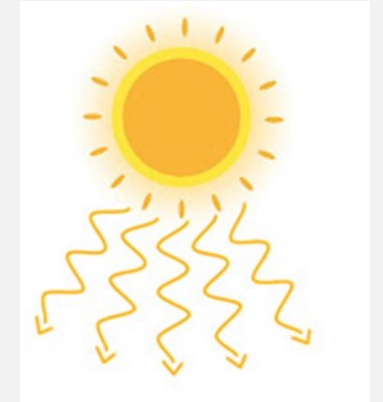


$$H = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{kA(T_2 - T_1)}{d}$$

## Convezione



## Irraggiamento



$$H = \varepsilon\sigma AT^4$$

$\varepsilon$ : emissività  
 $\sigma$ : costante di Stefan  
 $A$ : superficie del corpo