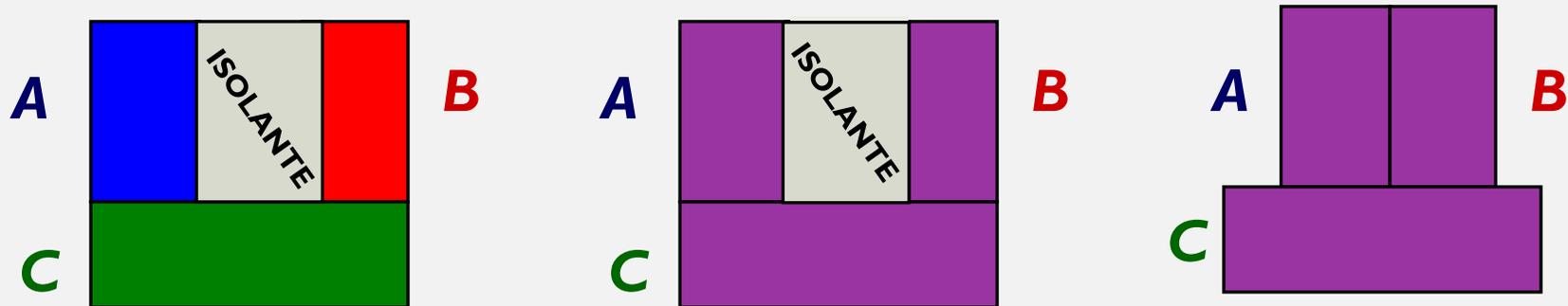


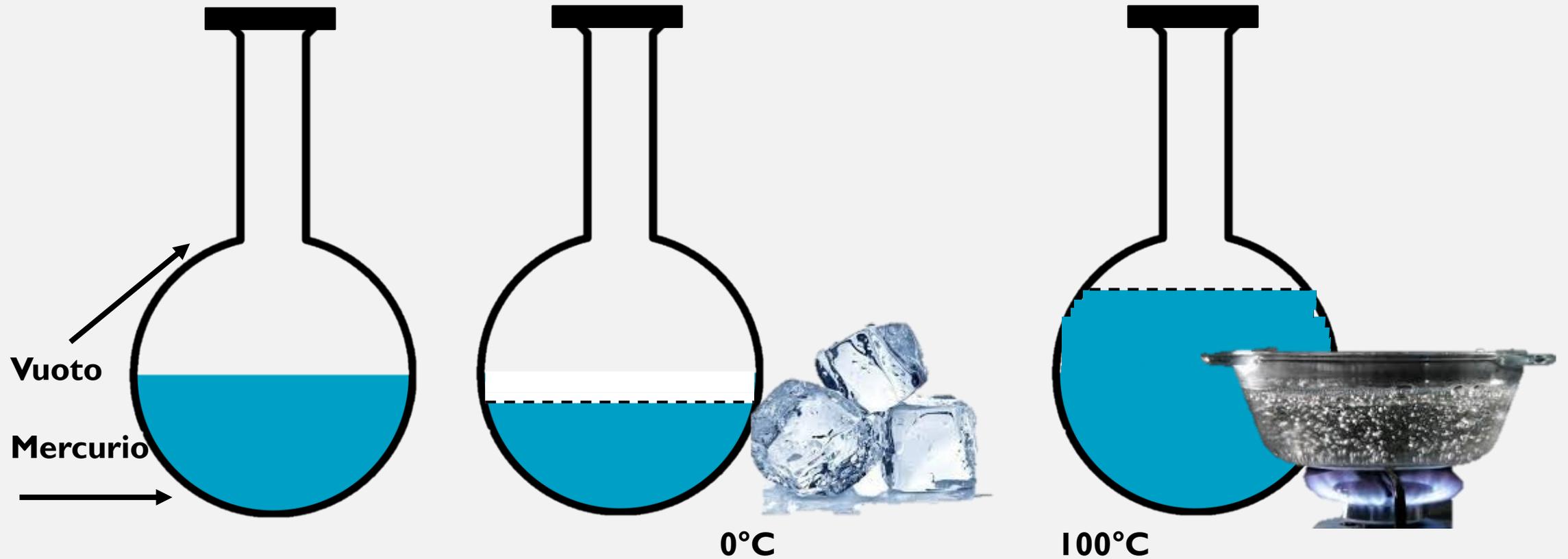
TERMOLOGIA

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

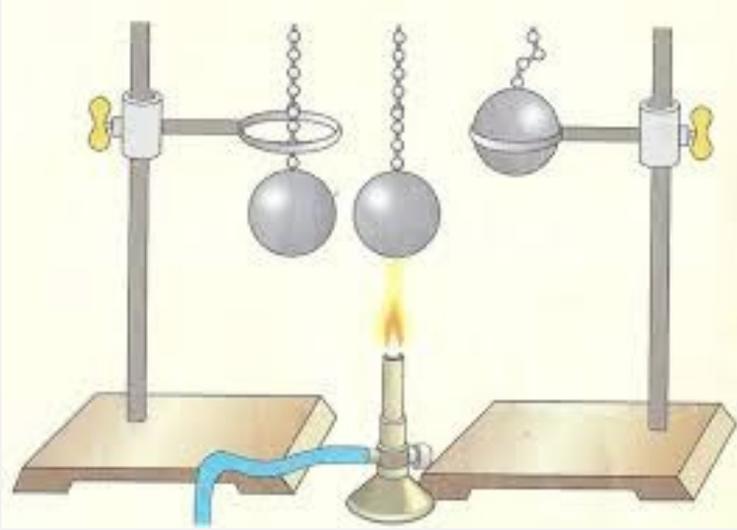


$$\Delta T_F = \Delta T_C \cdot 1.8 \frac{^\circ F}{^\circ C}$$

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

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

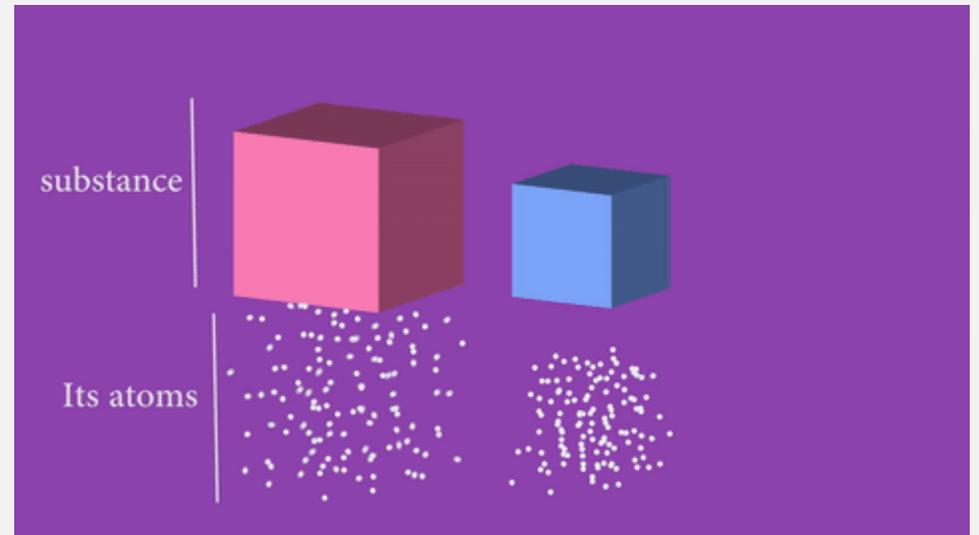
DILATAZIONE TERMICA VOLUMICA



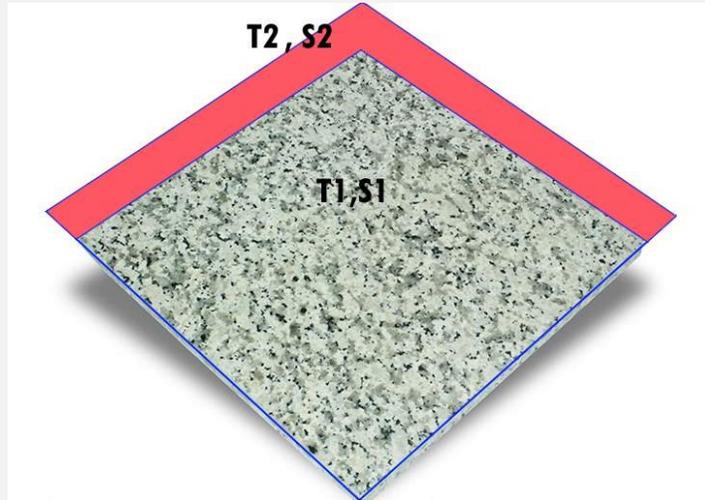
$$V(T) = V_0(1 + \alpha\Delta T) \quad [\alpha] = \text{°C}^{-1}$$

↑
Coefficiente di dilatazione
termica volumica

Esperimento dell'anello di Gravesande

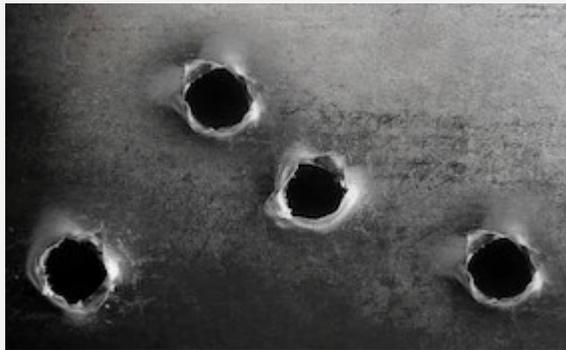


DILATAZIONE TERMICA SUPERFICIALE



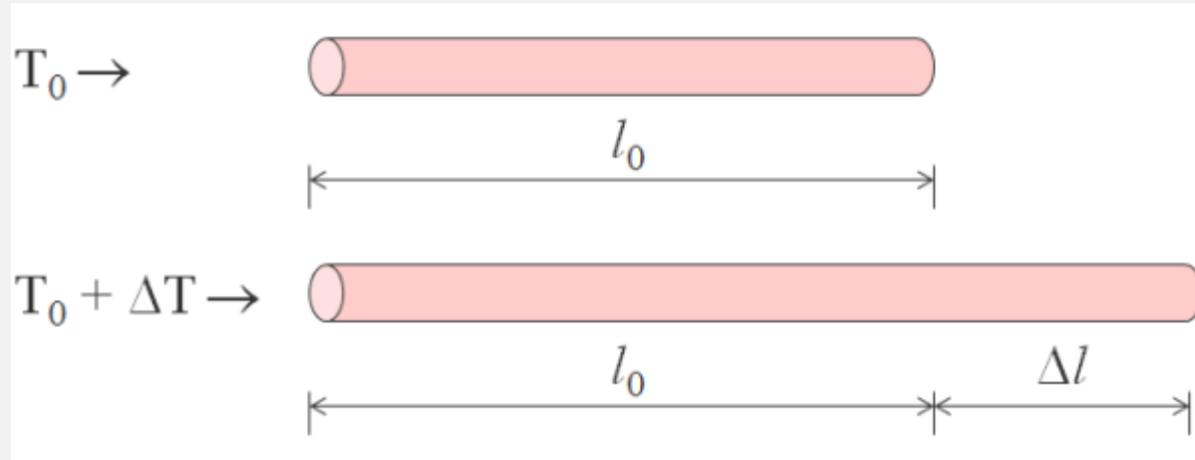
$$S(T) = S_0(1 + \beta\Delta T) \quad [\beta] = \text{°C}^{-1}$$

↑
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

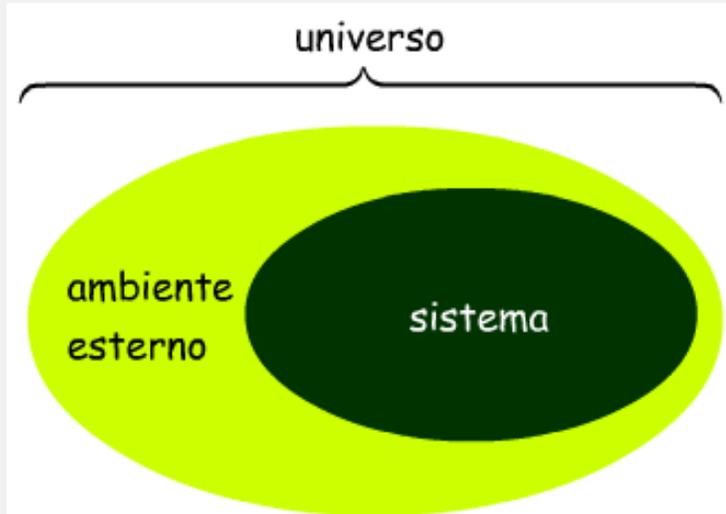
Materiale	Coefficiente di dilatazione lineare, $\lambda(\text{C}^\circ)^{-1}$	Coefficiente di dilatazione volumica, $\alpha(\text{C}^\circ)^{-1}$
<i>Solidi</i>		
Alluminio	25×10^{-6}	75×10^{-6}
Ottone	19×10^{-6}	56×10^{-6}
Ferro o acciaio	12×10^{-6}	35×10^{-6}
Piombo	29×10^{-6}	87×10^{-6}
Vetro (pyrex)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



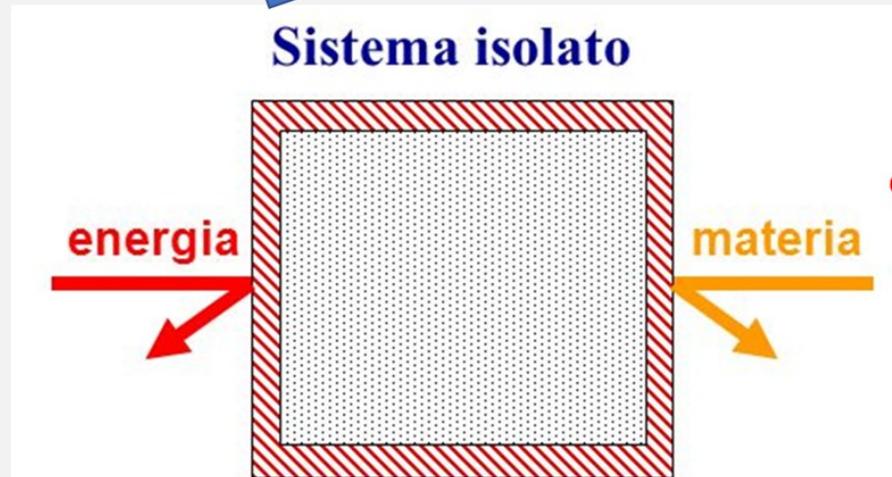
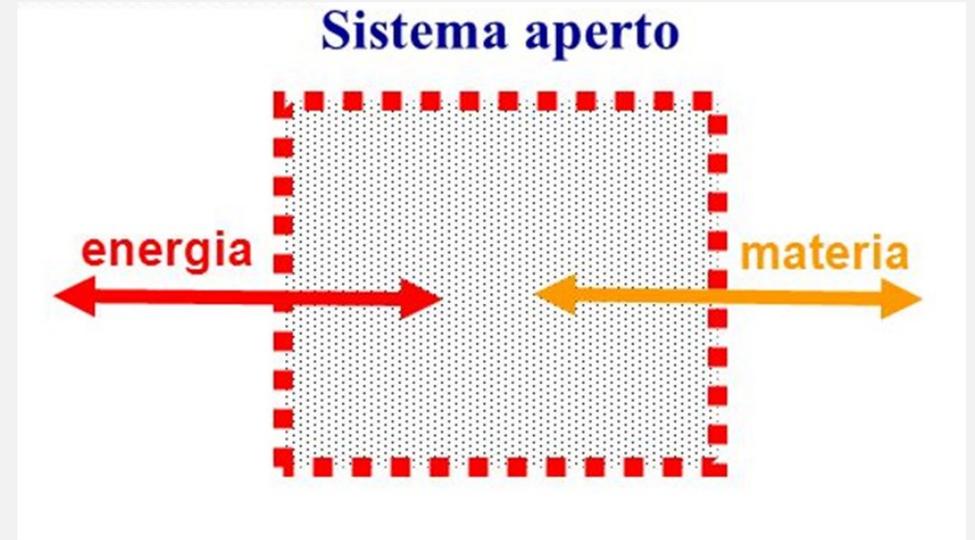
GRANDEZZE MISURABILI:

Macroscopiche: Volume, Temperatura, Pressione, Densità

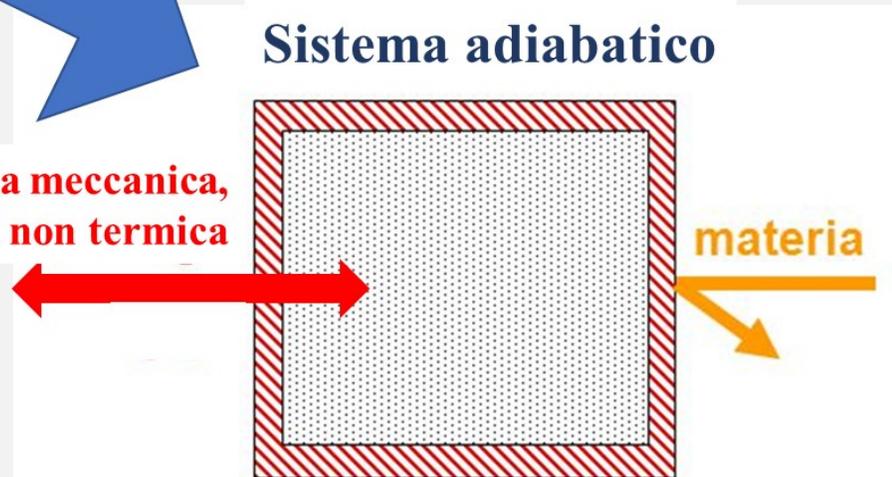
Variabili macroscopiche ↔ Variabili microscopiche



IL SISTEMA



energia meccanica,
ma non termica



VARIABILI TERMODINAMICHE

Sono grandezze indipendenti che servono a descrivere il sistema.

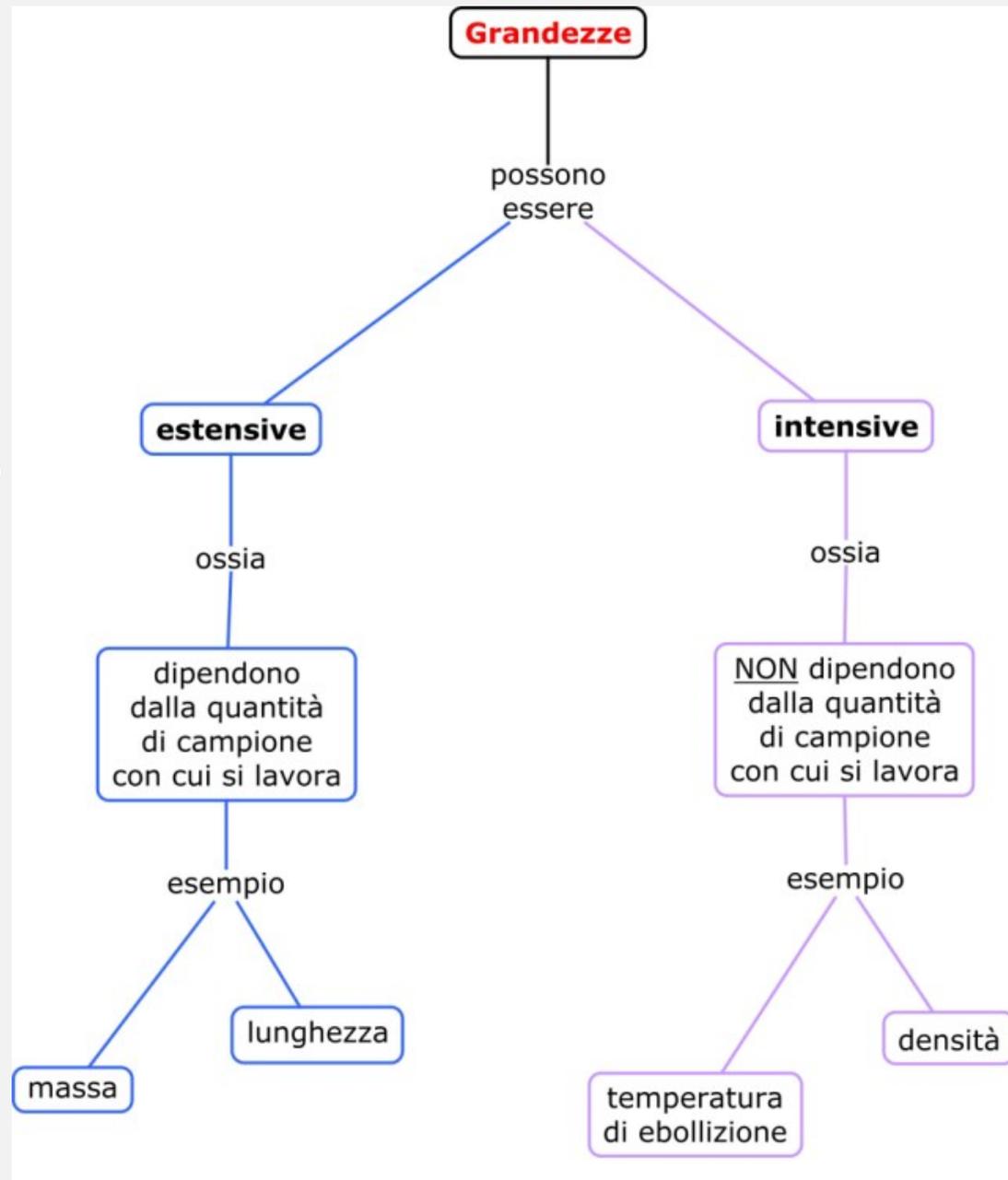
INTENSIVE

Pressione, Temperatura, Densità

ESTENSIVE

Massa, Volume, Energia

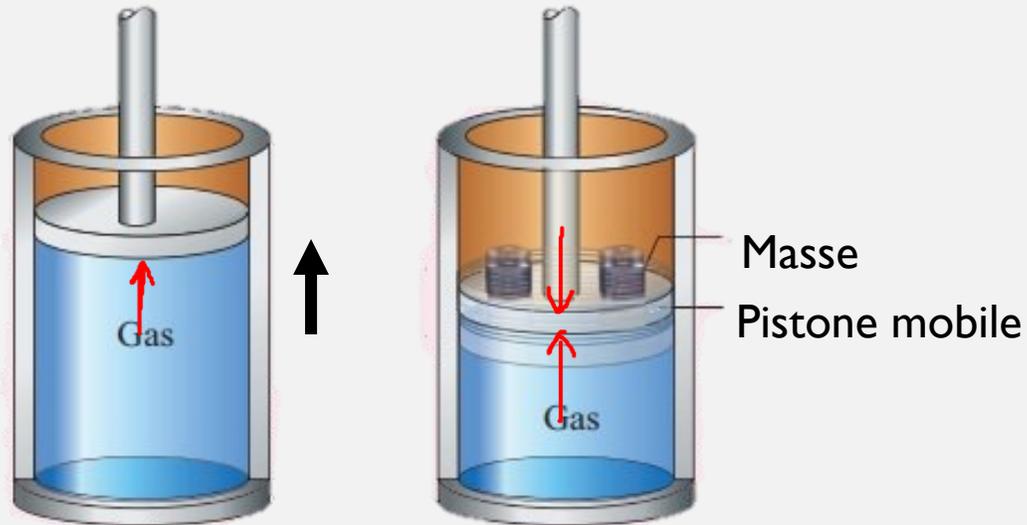
Sono additive:
 $10\text{ml H}_2\text{O} + 5\text{ml H}_2\text{O} = 15\text{ml H}_2\text{O}$



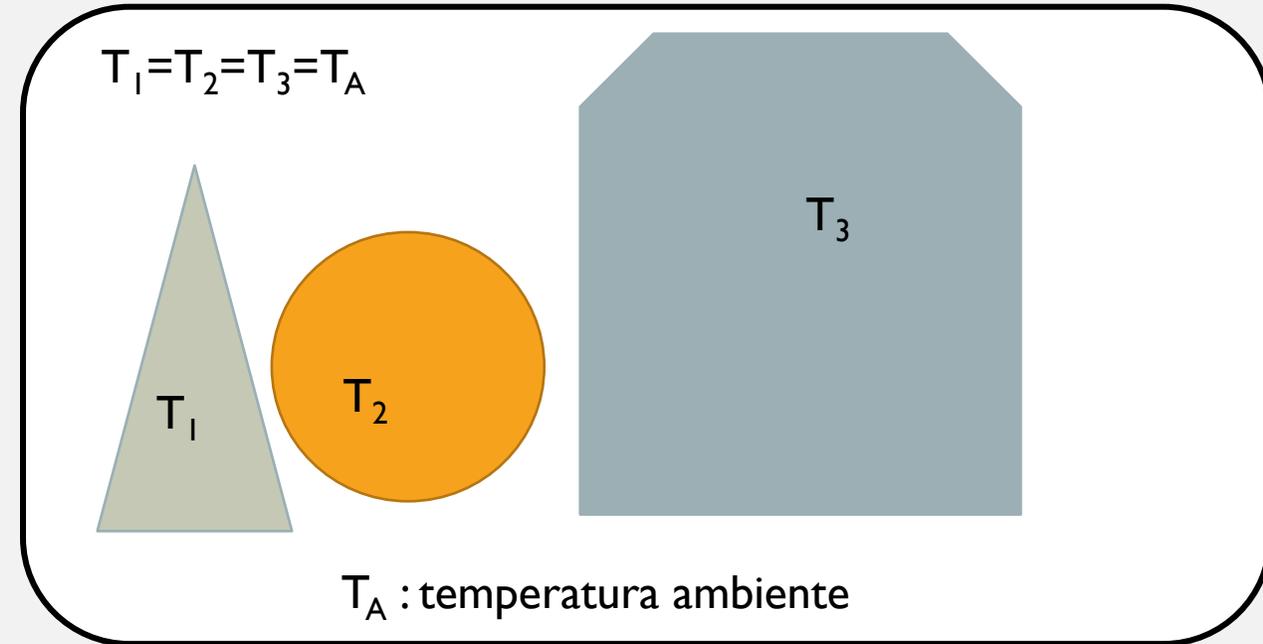
Non sono additive:
 $10\text{ml H}_2\text{O a } 25^\circ\text{C} + 5\text{ml H}_2\text{O a } 25^\circ\text{C} = 15\text{ml H}_2\text{O a } 25^\circ\text{C}$

EQUILIBRIO TERMODINAMICO

EQUILIBRIO MECCANICO



EQUILIBRIO TERMICO



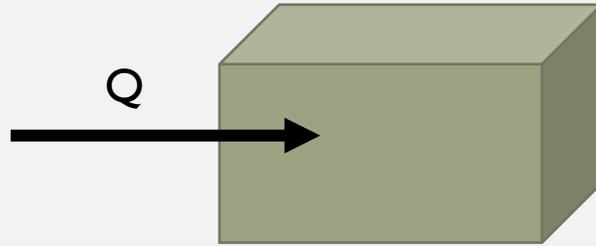
EQUILIBRIO CHIMICO

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

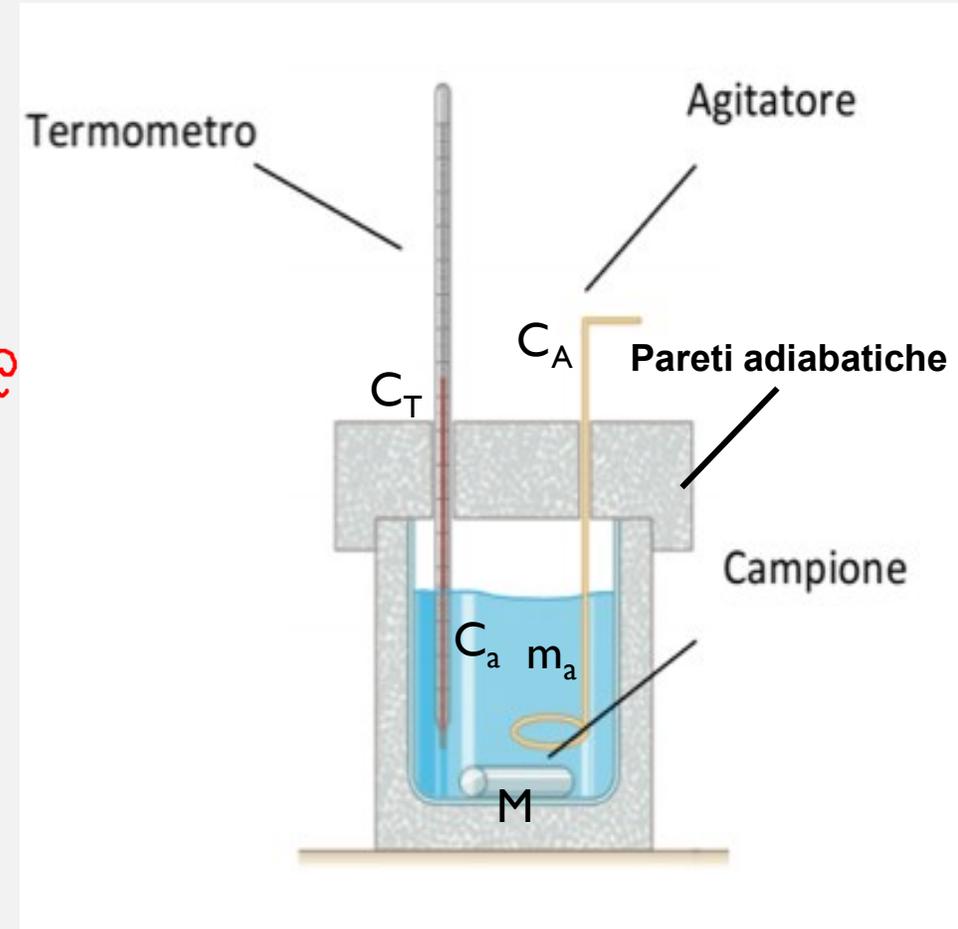
$$[C] = [c]Kg = \frac{m^2 Kg}{s^2 K}$$

CALORIMETRO DELLE MESCOLANZE

$$\boxed{Q_1 + Q_2 = 0} \quad Q_1 = c_x M (T_f - T_0) \quad Q_2 = (c_a m_a + C_T + C_A) (T_f - T_i)$$

ΔT / $T_{\text{iniziale}} M$ / $T_{\text{iniziale}} H_2O$

$$c_x M (T_f - T_0) + (c_a m_a + C_T + C_A) (T_f - T_i) = 0$$
$$\rightarrow c_x = (c_a m_a + C_T + C_A) \frac{(T_i - T_f)}{M (T_f - T_0)}$$

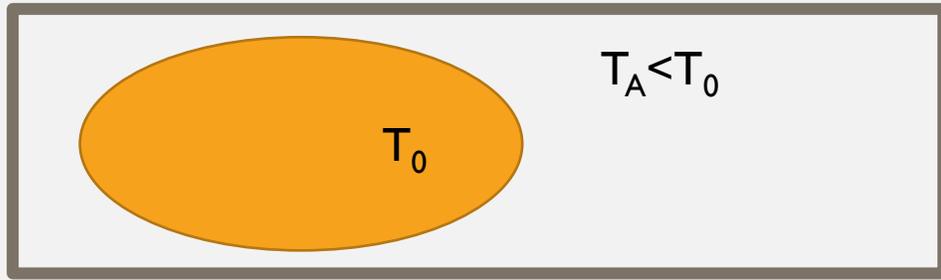


Calore specifico del gas dipende dalla trasformazione termodinamica a cui il gas è sottoposto

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

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

	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	$c_V = \frac{3}{2} \cdot R$	$c_V = \frac{5}{2} \cdot R$	$C_V = 3 \cdot R$
	$\gamma = \frac{5}{3}$	$\gamma = \frac{7}{5}$	$\gamma = \frac{4}{3}$

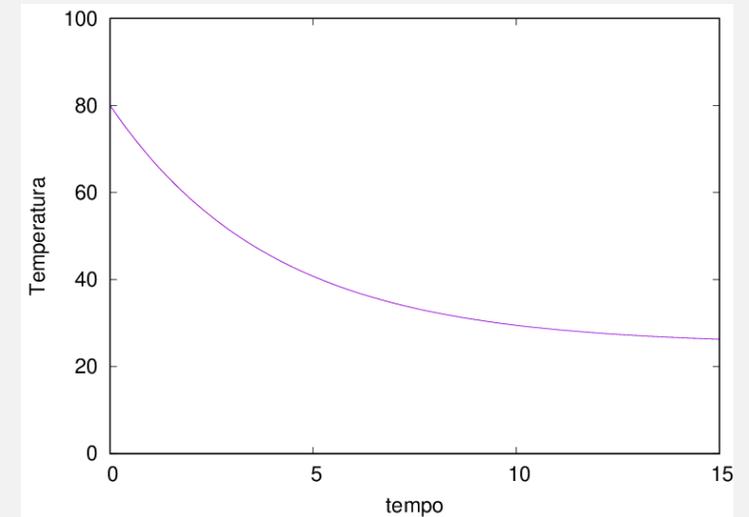


$$dQ = -b(T - T_A)dt \quad dQ = cmdT \quad cmdT = b(T_A - T)dt \quad \frac{dT}{T - T_A} = -\frac{b}{cm}dt$$

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

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

τ : costante di tempo nel processo di raffreddamento

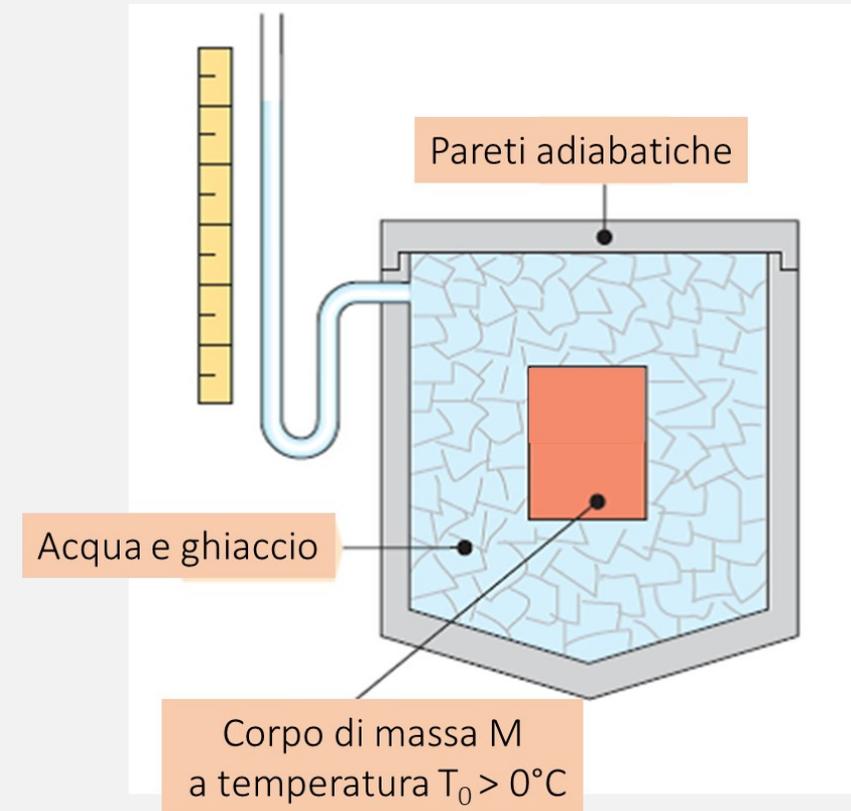


CALORIMETRO A GHIACCIO

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

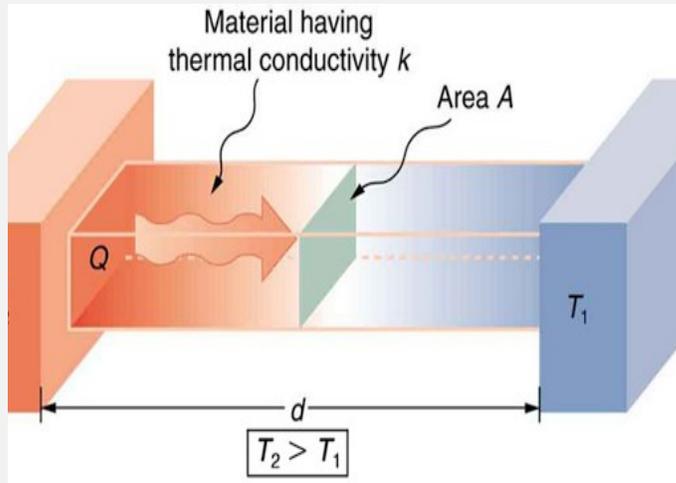
$$Q_1 = \lambda_f m \quad Q_2 = c_x M(0 - T_0) \quad Q_1 + Q_2 = 0$$

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



TRASMISSIONE DEL CALORE

Conduzione

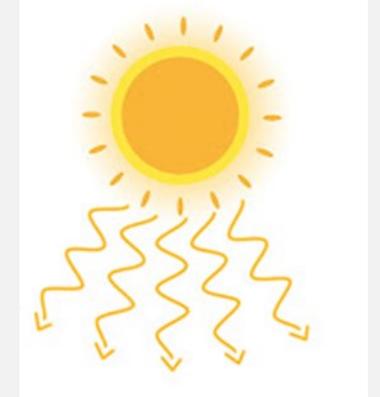


$$H = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{kA(T_2 - T_1)}{d}$$

Convezione



Irraggiamento



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

ε : emissività
 σ : costante di Stefan
 A : superficie del corpo