

# LEZIONE 4

4/10/21

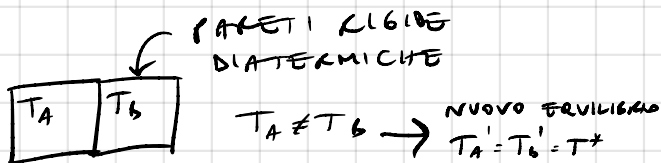
I PRINCIPI:

1.  $\Delta U = -L$  ADIABATICO

(DEFINIZIONE DI U)  
A PARTIRE DA L

2.  $Q = \Delta U + L$

(- CONSERVAZIONE ENERGIA)  
- DEFINIZIONE Q  
A PARTIRE DA U E L



$Q$  È QUELLA PARTE DI ENERGIA CHE VIENE TRASFERITA A UN SISTEMA NON PER MEZZO DI LAVORO MA ATTRAVERSO L'INTERAZIONE CON UN SISTEMA A TEMPERATURA DIVERSA

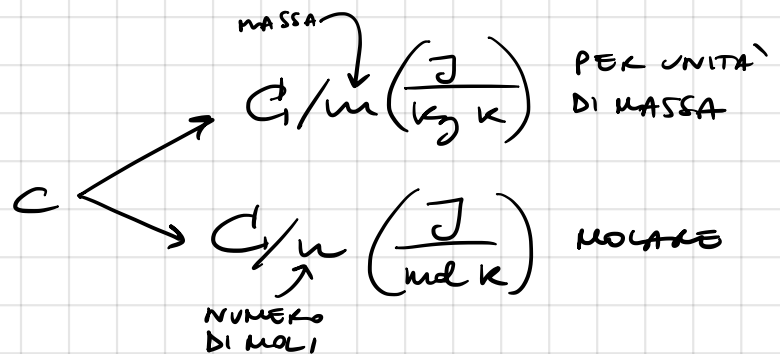
$$C = \lim_{\Delta T \rightarrow 0} \frac{Q}{\Delta T} = \frac{\delta Q}{dT}$$

CAPACITÀ TERMICA (ESTENSIVA)

POV' ESSERE  $>0, <0, 0, \infty$   
↓  
ISOTERMA  
MISCELA ACQUA-GHIACCIO IN COESISTENZA

$$[C] = \left[ \frac{E}{T} \right] \left( \frac{J}{K} \right)$$

CALORE SPECIFICO (INTENSIVO)



IL CALORE SPECIFICO DIFERISCE DALLA TRASFORMAZIONE

$$C_V = \left( \frac{\delta Q}{dT} \right)_V \neq C_P = \left( \frac{\delta Q}{dT} \right)_P$$

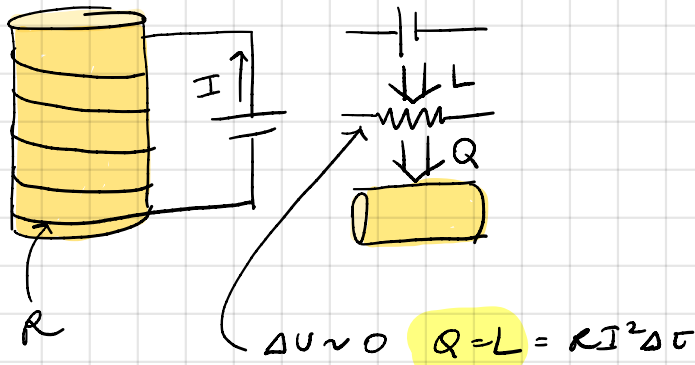
CALORE SPECIFICO A VOLUME COSTANTE

CALORE SPECIFICO A PRESSIONE COSTANTE

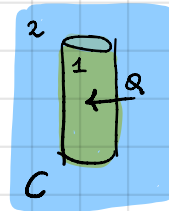
# MISURA CALORE SPECIFICO

TRASFERISCO QUANTITÀ NOTA  $Q$  A UN SISTEMA E MISURO  $\Delta T$

DISSIPIO QUANTITÀ CONTROLLATA DI ENERGIA (LAVORO)



SCAMBIO CALORE CON UN CORPO DI CAPACITÀ TERMICA NOTA  $C$



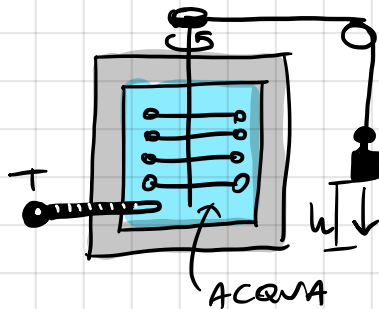
$$Q = -C \Delta T_2$$

PRIMA NEL I PRINCIPIO IL CALORE AVEVA LA SUA UNITÀ DI MISURA: LA CALORIA

CALORE NECESSARIO A INNALZARE DI  $1^\circ\text{C}$

$$1 \text{ cal} = \text{LA TEMP. DI } 1 \text{g DI ACQUA} \quad (14.5 \rightarrow 15.5^\circ\text{C})$$

JOULE MISURA L'EQUIVALENTE MECCANICO DI UNA CALORIA

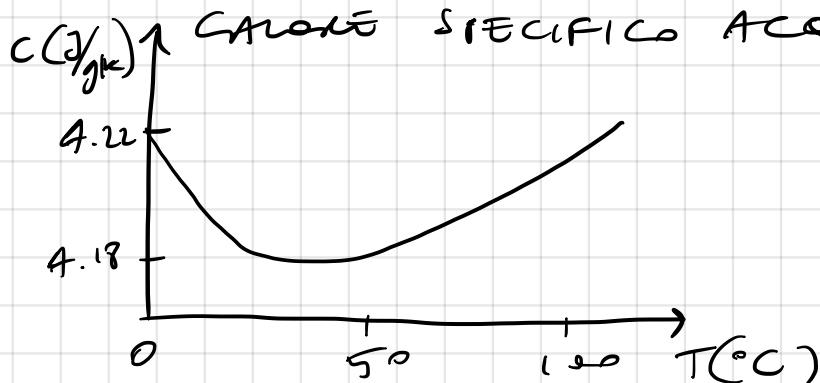


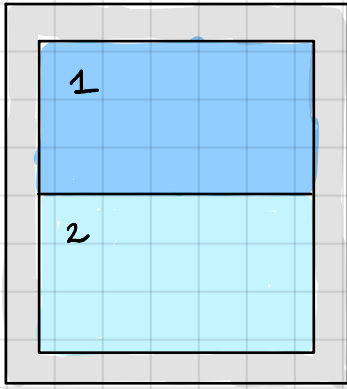
$$-L = mgh$$

$$1 \text{ cal} = 4.2 \text{ J}$$

IL CALORE SPECIFICO DI UNA SOSTANZA DIFENDE IN GENERALE DALLO STATO  $(T, P, \dots)$

CALORE SPECIFICO ACQUA





SISTEMA COMPOSTO 1+2  
SEPARATO DALL'AMBIENTE DA  
PARETI ADIABATICHE

IN UNA TRASFORMAZIONE TRA  
2 STATI DI EQUILIBRIO

$$\Delta U_1 = Q_1 - L_1 \quad \Delta U_2 = Q_2 - L_2$$

$$\Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2 = Q_1 + Q_2 - (L_1 + L_2)$$

$$L_1 = L_{12} + L_{1ext} \quad \text{LAVORO } 1 \rightarrow 2 \quad \text{LAVORO } 1 \rightarrow \text{AMBIENTE}$$

$$L_2 = L_{21} + L_{2ext}$$

$$L_1 + L_2 = \cancel{L_{12}} + \cancel{L_{21}} + L_{1ext} + L_{2ext} = L$$

LAVORO TOTALE SULL'AMBIENTE

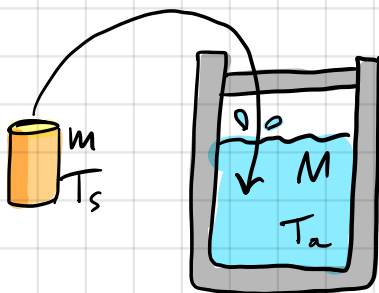
$$Q_1 + Q_2 = \Delta U + L = Q \quad Q = 0 \quad \left( \begin{array}{l} \text{SISTEMA} \\ \text{COMPOSTO} \\ \text{E' ADIAB.} \end{array} \right)$$



$$Q_1 + Q_2 = 0$$

IN UN SISTEMA ADIABATICO COMPOSTO  
LA SOMMA DEI CALORI SCAMBIATI DA  
TUTTI I SOTTOSISTEMI E' NULLA

ESEMPIO DI MISURA DEL CALORE SPECIFICO  
DI UN SOLIDO



ALL'EQUILIBRIO ACQUA E  
SOLIDO SONO ALLA STESSA T\*

$$Q_1 = m C_s \Delta T_1 = m C_s (T^* - T_1) \quad Q_2 = M c_a (T^* - T_2)$$

$$Q_1 + Q_2 = 0 \Rightarrow m C_s (T^* - T_1) + M c_a (T^* - T_2) = 0$$

$$T^* (m C_s + M c_a) = m C_s T_1 + M c_a T_2$$

$$T^* = \frac{m C_s T_1 + M c_a T_2}{m C_s + M c_a}$$

MEDIA PESATA CON LE CAPACITÀ TERMICHE

$$c_s = \frac{M c_a (T^* - T_2)}{m (T^* - T_1)}$$

MASSA ATOMICA	CAL. SPEC. DI MASSA J/kg K	CAL. SPEC. MOLARE J/mole K
Al (27)	897 $\times 0.027 \frac{\text{kg}}{\text{mole}}$	24
Fe (56)	449 $\times 0.056 \frac{\text{kg}}{\text{mole}}$	25
Au (197)	129	25
H <sub>2</sub> O	4182 (20°C)	75

$$\sim \left. \begin{array}{l} 6 \text{ cal/mole K} \\ \text{"} \\ 3R \end{array} \right\}$$

LEGGE DULONG & PETIT  
CALORE SPEC. SOLIDI

Cu?  $\rightarrow$  MASSA ATOMICA 63 u

$$c = \frac{25 \text{ J/mole}}{0.063 \text{ kg}} = 395 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$$

395 (VALORE Sperimentale)

$$40 \text{ J} \rightarrow \frac{\text{Cu}}{10 \text{ g}} \Rightarrow \Delta T \sim 10^\circ \text{C}$$

## ESEMPLI



$m$  THE  $\sim m'$  TAZZA ( $\sim 300g$ )

$$C = \frac{4J}{J^{\circ}C} \quad C' = \frac{1J}{J^{\circ}C} \quad (\text{PORCELLANA})$$

$$T = 100^{\circ}C \quad T' = 20^{\circ}C$$

$$T^* = \frac{mCT + m'C'T'}{mC + m'C'} = \frac{\overset{mC \sim 4m'C'}{4T + T'}}{5} = \frac{400 + 20}{5}^{\circ}C = 84^{\circ}C$$



FARE

MOZZARELLA

$$C \sim 2 \frac{J}{J^{\circ}C}$$

$$C' \sim 4 \frac{J}{J^{\circ}C} \quad (\text{ACQUA})$$

A PARITÀ DI SUPERFICIE FARE E MOZZ.

CEDEMO LO STESSO CALORE  $Q$  IN UN TEMPO  $\Delta t$

$$\Delta T = \frac{Q}{C}$$

$$\Delta T' = \frac{Q}{C'}$$

$$\frac{\Delta T'}{\Delta T} = \frac{C}{C'}$$

A PARITÀ DI MASSA  $\frac{C}{C'} = \frac{c}{c'} \sim \frac{1}{2}$

QUANDO IL FARE PASSA DA  $120 \rightarrow 30^{\circ}C$   $\Delta T = 160^{\circ}C$

MOZZARELLA  
 $\Delta T' \sim \overset{\text{FARE}}{\Delta T} / 2 = \frac{160}{2} = 80$       $120 - 80 = 110^{\circ}C$

TEMP. MOZZARELLA!

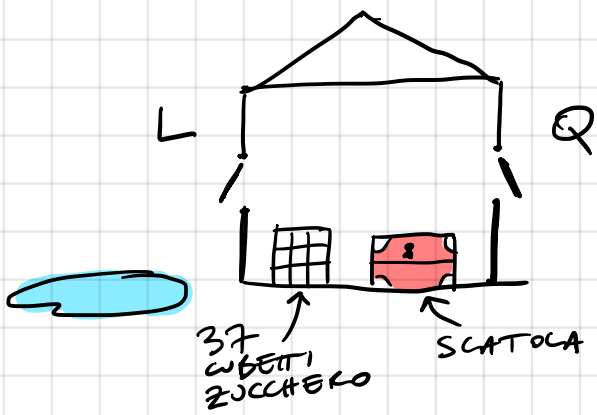
## TERMOMETRO

BULBO ACCIAIO  $C = 0.5 \frac{J}{J^{\circ}C}$       $m \sim 1g$

$\Delta T \sim 15^{\circ}C$  ( $25 \rightarrow 40$ )      $Q = mC\Delta T = 1g \cdot 0.5 \frac{J}{J^{\circ}C} \cdot 15^{\circ}C \sim 8J$

$F = 0.5 \text{ kg} \cdot 10 \frac{m}{s^2} = 5N$       $F_c = \mu F \sim 2N$       $W = FL = Q$       $L = 4m = 20 \text{ STAGNATE DA } 20 \text{ cm}$

# DA FEYNMAN...



# CUBETTI  
SUL PAVIMENTO

$N_f$

PESO  
SCATOLA

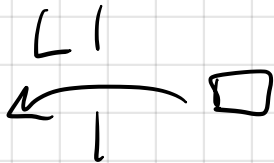
PESO SCATOLA  
VUOTA

$$N_f + \frac{W_{box} - W_0}{W_{cbe}} = 37$$

$W_{cbe}$

↑  
PESO DI  
1 CUBETTO

$35 \neq 37!$



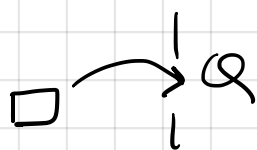
CONCENTRAZIONE  
ZUCCHERO NEL  
LAGHETTO

$$N_f + \frac{W_{box} - W_0}{W_{cbe}} + kC = 0$$

$k = \frac{1}{\Delta C}$   
↻  
VARIAZIONE DI  
C PER 1  
CUBETTO

$$\Delta N_f + \frac{\Delta W_{box}}{W_{cbe}} + k \Delta C = 0$$

$-4 \neq 0!$



CONTAGGIO DEL  
NUMERO CUBETTI  
USCITI DA Q

$$\Delta N_f + \frac{\Delta W_{box}}{W_{cbe}} + L + Q = 0$$

↑  
# CUBETTI  
USCITI DA L

$$\frac{\Delta W_{box}}{W_{cbe}} = -Q - L$$

$W_{cbe}$

$\Delta f(W_{box})$

$$f(x) = \frac{x}{W_{cbe}}$$

$$W_{cbe} = \frac{-\Delta W_{box}}{L + Q}$$