

# Lezione #12

18/04/2023

## TERMODINAMICA

STUDIO SCAMBI DI EN. TERMICA



CALORE



FENOMENOLOGICA

STATISTICA

- Temperatura

m  
kg

s

K → Kelvin

7 unità fond. SI

$$[T] = K$$

la Temperatura è una grandezza scalare

$T \nearrow \infty$

$T \searrow$  ma il valore minimo

$\bar{e}$  lo zero assoluto

$$T = 0 \text{ K}$$

All'inizio nell'Universo all'inizio  $T = 10^{39} \text{ K}$

$$\text{Z, oggi } T = 3 \text{ K}$$

Per passare a  $^{\circ}\text{C}$

$$T_c = T_k - 273,15^{\circ}$$

↑                      ↘ Celsius

Legge zero della Termodinamica:

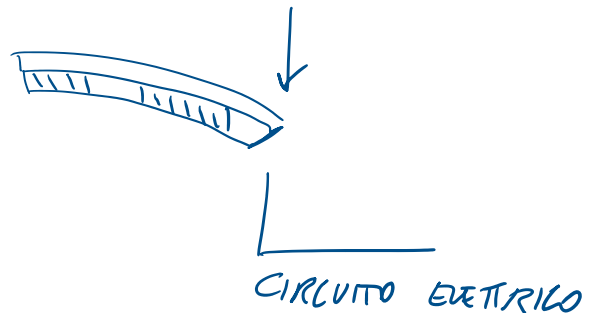
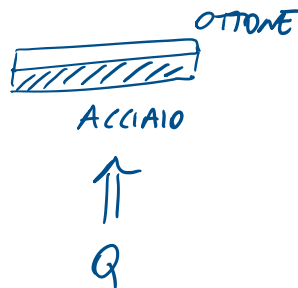
"Se due corpi A e B si trovano in equilibrio termico con un terzo corpo T allora sono in equilibrio tra loro."

Qualsiasi corpo ha una proprietà intrinseca definita  $T$  e quando è in equilibrio termico con un altro corpo essi hanno la stessa temperatura.

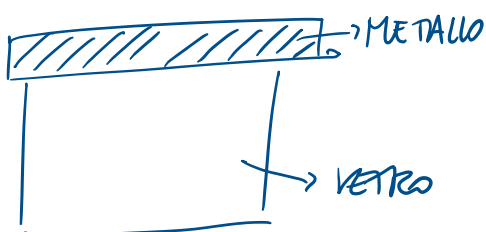
## - DILATAZIONE TERMICA (SOLIDI E LIQUIDI)

Esempi {  
  Binari  
  Giunti Ponti  
  Termometro

Termostrato



Diverse dilatazione di materiali differenti:



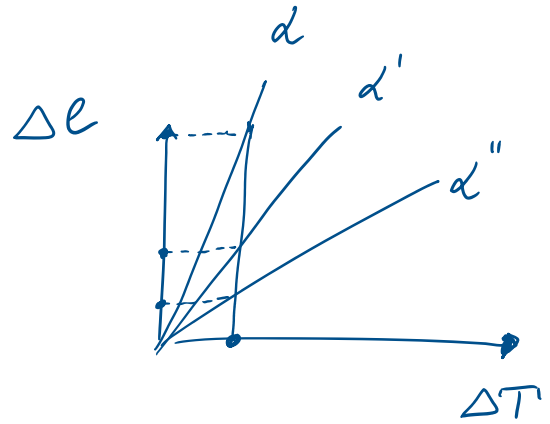
Metallo si dilata di più  
del vetro  
⇓  
Vasetto si rompe

Vasetto si rompe

Dilatazione lineare:

$$\Delta l = l \alpha \Delta T$$

↑  
Coeff. di dilatazione



Dilatazione volumetrica:

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

DEFINIZIONE SISTEMA VS AMBIENTE

$$T_S > T_A \quad Q_{SIST} \rightarrow \text{AMB}$$

SIST  
↓ Q  
AMB

$Q < 0$  calore ceduto

finché  $T_S = T_A$

T T . 0 - 0

$$T_S < T_A \Rightarrow Q > 0$$

assorbito



finché  $T_S = T_A$

SIST

se  $T_S = T_A \Rightarrow Q = 0$

AMB

Ma che relazione c'è tra calore e Temperatura?

$$[Q] = \rightarrow$$

alternativamente possiamo usare anche

caloria

1 cal è la quantità di energia necessaria ad innalzare di 1 grado Celsius ( $14,5^\circ - 15,5^\circ$ ) 1g di  $H_2O$

$$1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$$

Relazione Tra  $Q$  e  $T'$

SOLIDI e LIQUIDI

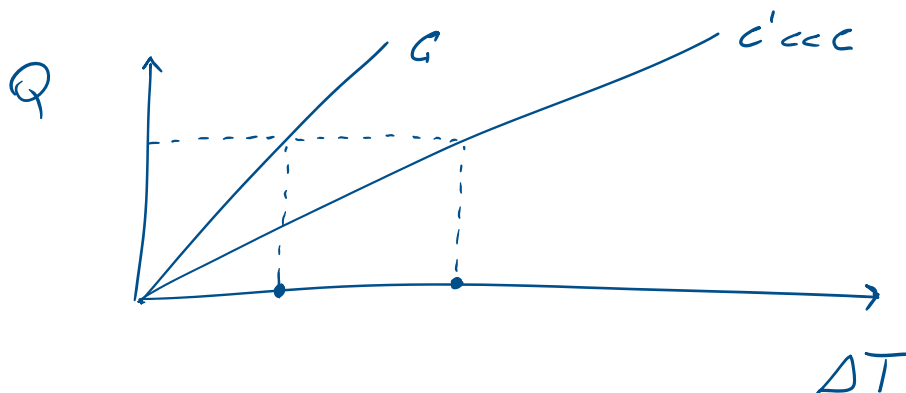
$$Q = C \Delta T'$$

$$[C] = \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

Capacità Termica

Se un sistema ha una capacità termica enorme  
date una  $Q$  assorbita esse variano di poco la sua  $T'$

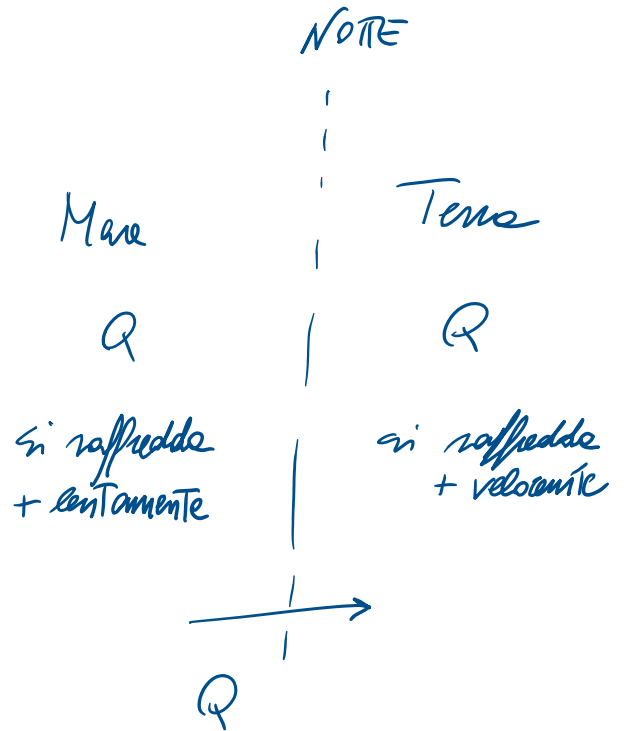
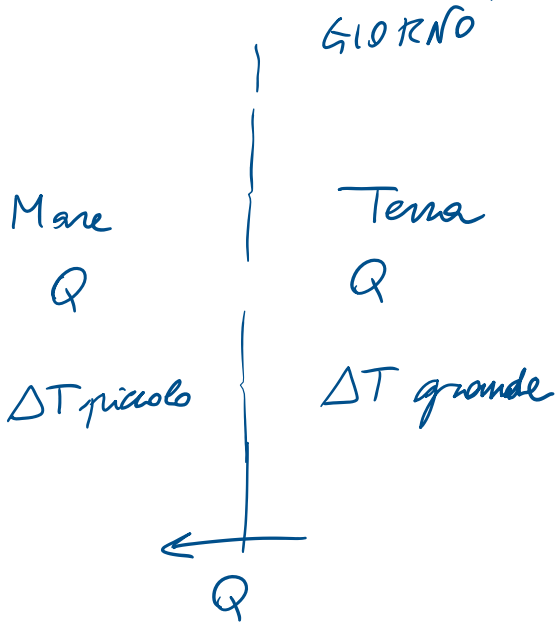
$$\text{Se } C \gg 0 \Rightarrow \Delta T' \ll 0$$



$\Delta T$

La diverse Capacità del mare e della Terra  
↓  
clima

crea un clima mitigato



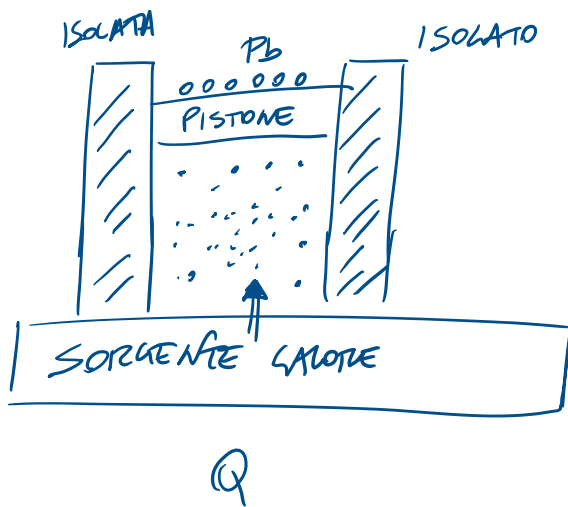
CALORE SPECIFICO (Capacità Termica per unità massa)

$$c = \frac{Q}{M \Delta T}$$

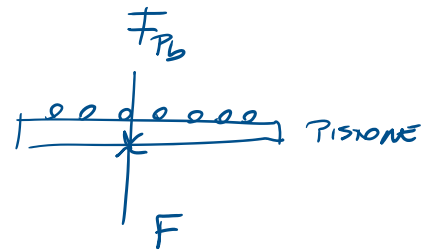
Calore specifico

$$Q = C \Delta T = \underset{\substack{\uparrow \\ \text{MASSE}}}{m} c \Delta T$$

- CALORE e LAVORO -

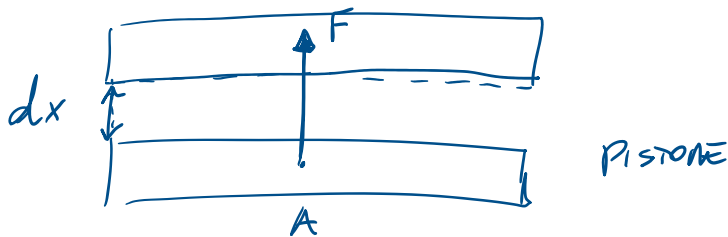


All'equilibrio



$$\sum_i \vec{F}_i = -F_{Pb} + F = 0$$

Se togliamo una pallina di Pb  $F > F_{Pb}$



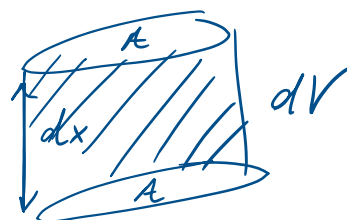
$$d.l = \vec{F} d\vec{x} = F dx \cos 0 = F dx$$



$$dL = \vec{F} d\vec{x} = F dx \underbrace{\cos\theta}_1 = F dx$$

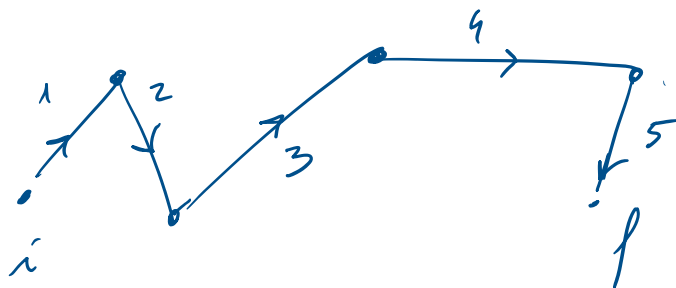
$$F = pA$$

$$dL = \underbrace{pA} dx = p dV$$



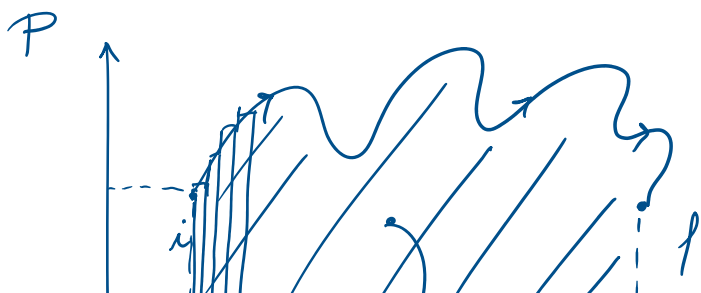
$$dL = p dV$$

Più trasformazioni da un pTO  $i$  (iniz.) a  $f$  (finale)



$$L_{TOT} = dL_1 + dL_2 + \dots + dL_5$$

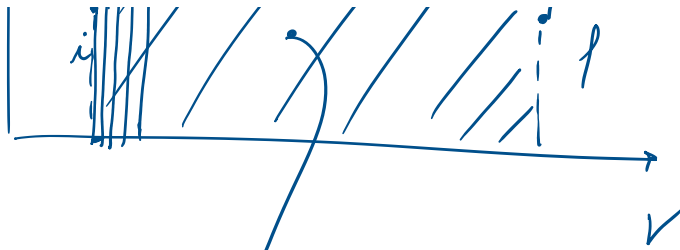
$$L_{TOT} = \int_{V_i}^{V_f} p dV \Rightarrow p_1 dV_1 + p_2 dV_2 + \dots + p_n dV_n$$



Piano (P, V)

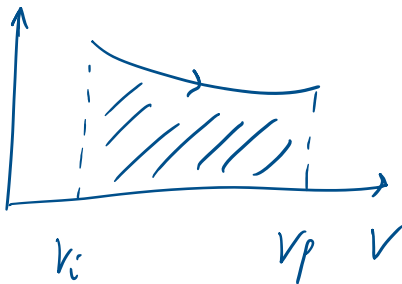
Clapeyron

capexrom



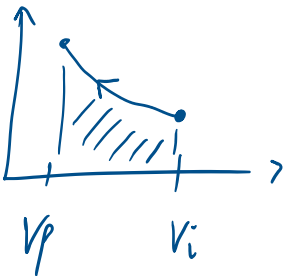
→ Lavoro svolto è l'area sottesa da questa curva

Quando  $V_f > V_i \Rightarrow L > 0$  lavoro svolto

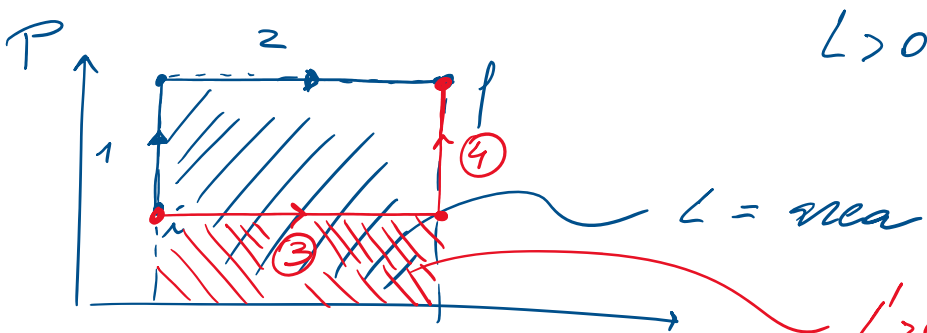


$L > 0$

Quando  $V_f < V_i \Rightarrow L < 0$  lavoro subito



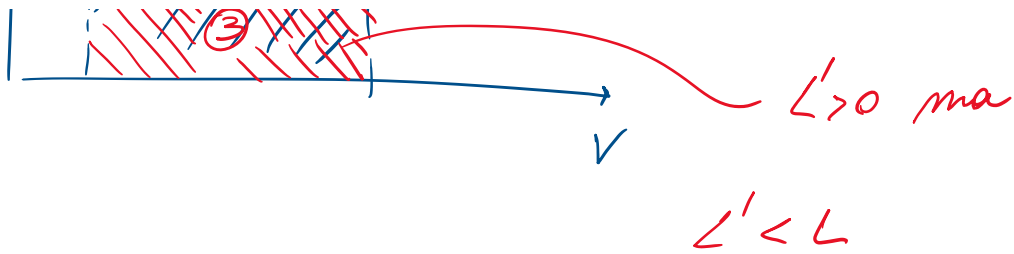
Ma il lavoro dipende dal percorso seguito?



$L > 0$

$L = \text{area}$

$L > 0$  ma



Dal momento che  $L' < L$  e quindi  $L' \neq L$  il lavoro dipende dalle traiettoria seguite e non solo dallo stato iniziale e finale.

Lo stesso vale per il calore (assorbito/ceduto) scambiato, dipende dalle traiettoria

Sia  $L$  che  $Q$  dipendono dalle traiettoria

I° PRINCIPIO DELLA TERMODINAMICA

$$\Delta E_{int} = Q - L$$



Energia interna del sistema, prop. intrinseca che dipende solo dalla  $T$  e quindi solo dallo stato iniziale e finale.

$\Rightarrow$  se  $Q$  e  $L$  singolarmente dipendevano dalla traiettoria / trasformazione

$\Rightarrow Q - L$  non si dipende !!!

$\Rightarrow$   $\Delta E_{INT} = Q - L$

energia                      energia

$\rightarrow$  Per la prima formalizziamo il concetto di calore come fonte di energia!!

Definizioni

$\left\{ \begin{array}{l} Q > 0 \\ Q < 0 \end{array} \right.$  quando è assorbito  
" " ceduto

$\left\{ \begin{array}{l} L > 0 \\ L < 0 \end{array} \right.$  " è svolto dal sistema  
" " svolto " "

L'energia interna di un sistema aumenta se  $Q$  viene assorbito dal sistema o se viene compiuto del lavoro sul sistema

- TRASFORMAZIONE ADIABATICA ( $Q = 0$ )

$$\Delta E_{\text{INT}} = \cancel{Q} - L$$

$$\Delta E_{\text{INT}} = -L$$

$$L = -\Delta E_{\text{INT}}$$

il lavoro compiuto è fatto a spese dell'energia interna

TRASFORMAZIONE ISOCORA ( $\Delta V = 0$ )

$$\Delta E_{int} = Q - \cancel{L}$$

Tutto il calore assorbito/ceduto va ad aumentare/diminuire l'energia interna

TRASFORMAZIONE CICLICA ( $i = f$ )



$$\Delta E_{int} = Q - L$$
$$\parallel$$
$$0$$

$$0 = Q - L$$

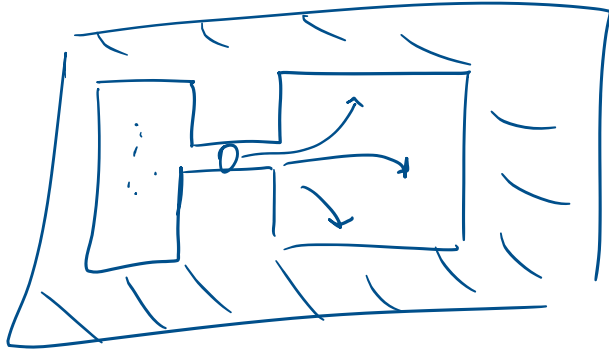
$$\boxed{Q = L}$$

Tutto il calore si trasforma in lavoro

$$\underline{Q = L}$$

Tutto il calore  $\Rightarrow$  massima  
in lavoro

TRASFORMAZIONE ESP. LIBERA ( $Q = L = 0$ )



$$\Delta E_{\text{INT}} = Q - L$$

$$\Delta E_{\text{INT}} = 0$$