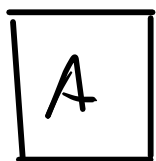
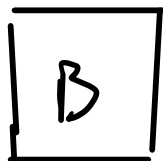


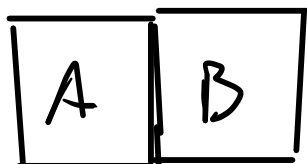
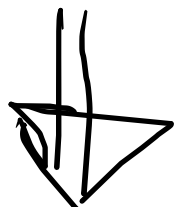
# TERMODINAMICA



$T_A$



$T_B$



con  $T_A > T_B$

A si raffredda e B si riscalda, finché con raggiunge una temperatura di equilibrio



Una quantità di calore  $Q$  che passa da A a B.

Definiamo 1 caloria come la quantità di calore necessaria a scaldare 1 g d'acqua da  $14,5^\circ\text{C}$  a  $15,5^\circ\text{C}$

$$K = \frac{Q}{T_2 - T_1} \Rightarrow \text{capacità termica}$$

Si come la capacità termica dipende dalla massa,  
 si introduce:

$$C_s = \frac{1}{m} \frac{Q}{T_2 - T_1}$$

~~g~~  
massa

Calore  
Specifico  
 (medio)

Si misura in  $\frac{\text{cal} \cdot \text{C}^{-1}}{\text{g}}$

oppure  $\frac{\text{kcal} \cdot \text{C}^{-1}}{\text{kg}}$

Alcuni di esempi di  $c_s$ :

- Acqua: 1

- Vetro: 0.2

- Alcool etilico: 0.52

- Grafite: 0.15

- Ferro: 0.11

- Rame: 0.032

NB:  $c_s$  per l'acqua varia poco tra  $0^\circ\text{C}$  e  $100^\circ\text{C}$

Calcolare scambiata

$$Q = m c_s \Delta T$$

NB: In alcuni casi è più opportuno usare le mol. di peso delle masse  $\rightarrow$  da esempio per l'acqua

• Sempre per il gas, il calore specifico  
in un processo a volume costante  $c_v$   
è diverso rispetto ad un processo a pressione  
costante  $c_p$

$$c_p \neq c_v$$

••) Per i solidi e per i liquidi

$$c_p \approx c_v$$

# ENERGIA INTERNA

Energia cinetica  
delle particelle

→  $K$

Energia potenziale  
dovuta alle forze di  
interazione

→  $U_p$

Definiamo  $U = U_p + K$  energia interna  
del sistema

Energia del sistema

↙  
a livello microscopico  
(molecole)

SOLIDI	LIQUIDI	GAS
$U_p \gg K$	$U_p \approx K$	$U_p \ll K$

Me: gas perfetti:  
 $U_p = 0$

(\*) Possiamo pensare al calore come ad un'energia che viene scambiata



All'equilibrio  $T_A = T_B$ ,  $\Delta U_B = Q > 0$

(\*) un altro modo per capire l'energia interna è dovuto alla dissipazione di energia meccanica  
 $\Delta U = -W$  (ad esempio corpo sottoposto a attrito)

È 2 modi di cambiare l'energia interna  
di un sistema sono riassunti  
dal primo principio della termodinamica.

## PRIMO PRINCIPIO DELLA TERMODINAMICA

$$\Delta U = Q - W$$

↓  
calore assorbito

↘ lavoro effettuato

Alcune considerazioni:

- )  $Q$  e  $W$  dipendono dal processo
- )  $\Delta U$  dipende solo dallo stato iniziale e finale  
↓

$U$  è una funzione di stato

... ) 1° principio esprime la conservazione dell'energia in una forma generale



In un sistema isolato  $\Rightarrow \Delta U = 0$

... )  $\Delta U = Q - W$   
 $\rightarrow$   $\Delta U = W$ , stessa dimensione  
entrambe energia

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



# 2° PRINCIPIO DELLA TERMODINAMICA

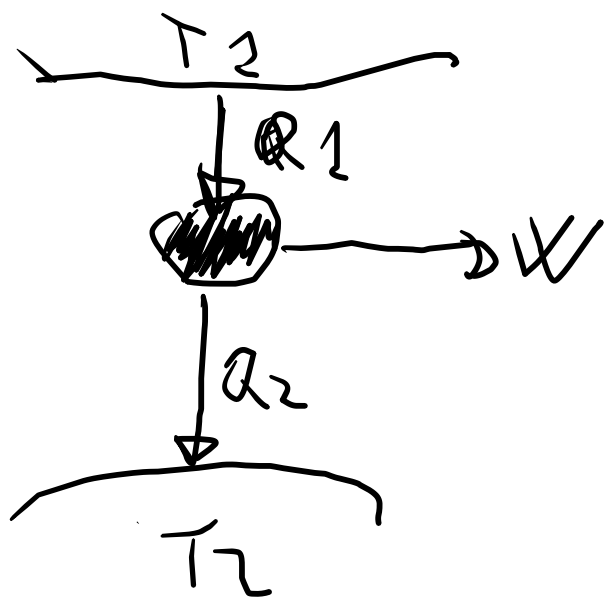
---

Specifica quali processi ammessi dal 1° principio possono effettivamente realizzarsi.

Macchine termodinamiche: una macchina che tramite un processo ciclico converte calore assorbito in lavoro.

## Formulazione di Kelvin

---



$$\Delta U = 0$$

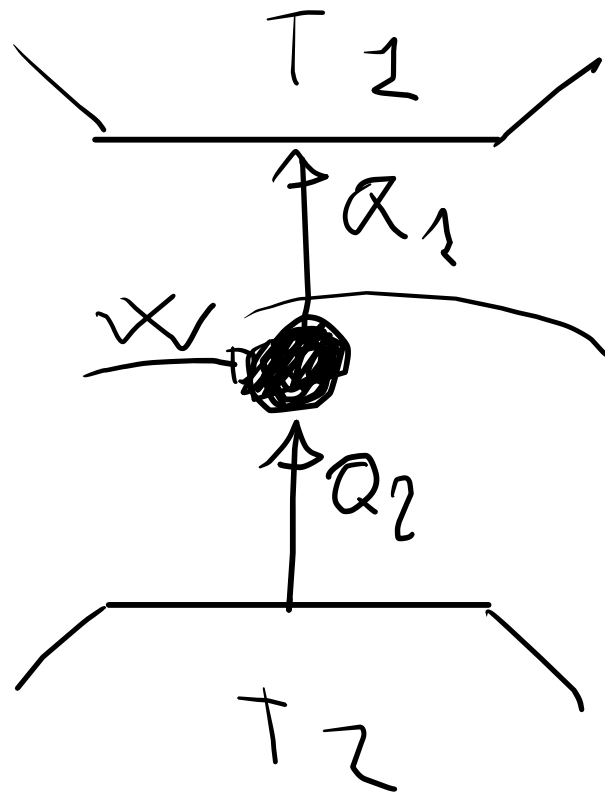
$$W = Q_1 + Q_2$$

assorbita      "refrigerante"

$$= |Q_1| - |Q_2|$$

Definiamo l'efficienza  $\epsilon = \frac{W}{|Q_1|} = 1 - \frac{|Q_2|}{|Q_1|}$

# 2° principio nella formulazione di Clausius



Energy is spent  $dM > m$  making:

$$T_2 > T_1$$

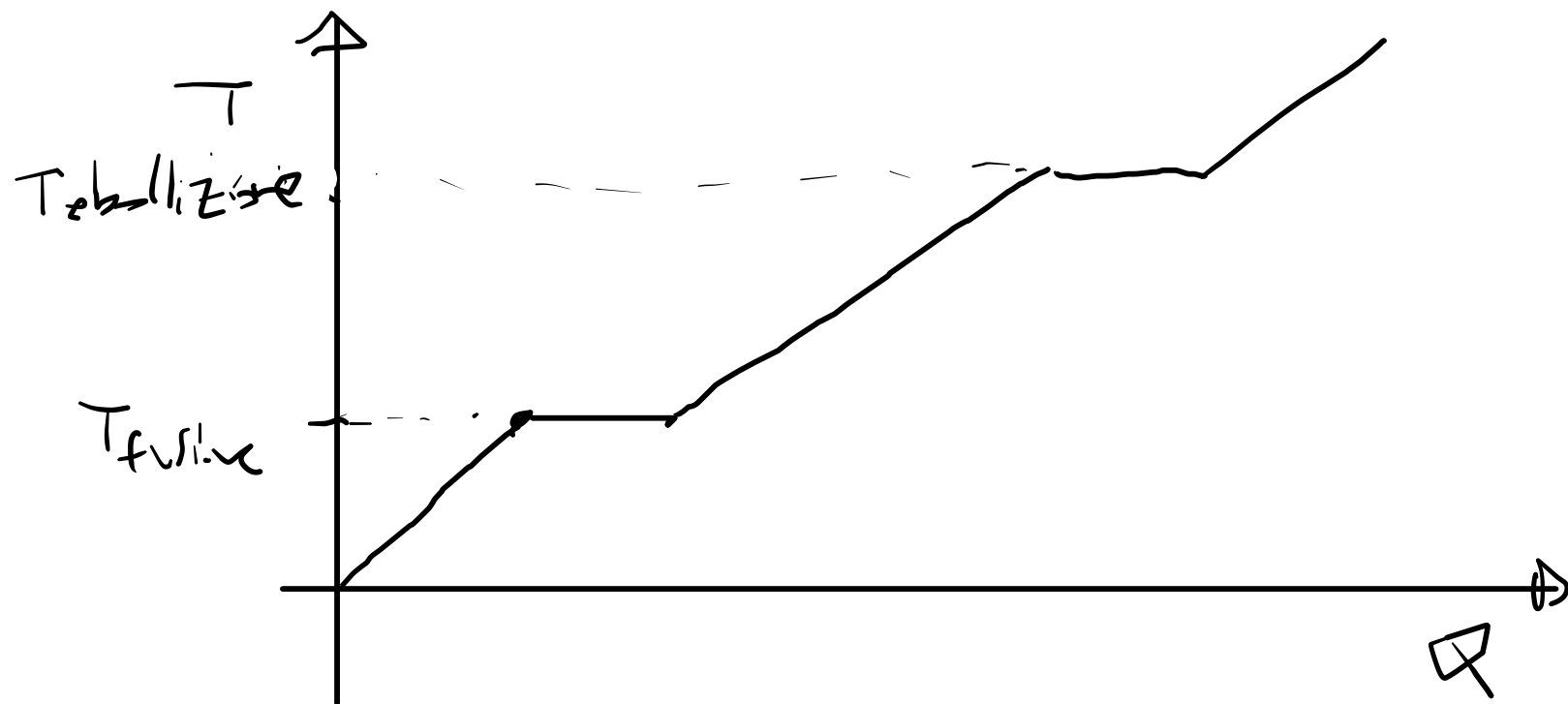
$$e = 1 - \frac{|Q_2|}{|Q_1|}$$

$$e \leq e_{\max} = 1 - \frac{T_2}{T_1} < 1$$

# Transizioni di fase

Consideriamo una massa solida, ad esempio  
fatta di ghiaccio

Se raggiungiamo la temperatura di fusione,  
al aumento dell'energia fornita al sistema,  
non corrisponde un aumento di temperatura



- È necessario dell'energia per trasformare il solido in liquido, sotto forma di lavoro per disgregare la struttura ordinata del solido

Quando la materia cambia stato si dice transizione di fase

L'energia necessaria a cambiare lo stato si dice calore latente

$$Q = \lambda m$$

- calore latente di fusione
- calore latente di evaporazione

Esempio: l'acqua ad  $1 \text{ km} \rightarrow 0^\circ\text{C}$ :  $\lambda = 80 \frac{\text{cal}}{\text{g}}$

$\rightarrow 100^\circ\text{C}$ :  $\lambda = 540 \frac{\text{cal}}{\text{g}}$

---

Esercizio: persona di  $60 \text{ kg}$  fa una escursione  
in montagna con ascensione di  
 $200 \rightarrow 2500 \text{ m}$ .

Con il lavoro una efficienza del corpo umano  
del  $20\%$  e che  $1 \text{ g}$  di grasso corrisponde  
a  $9.3 \text{ kcal}$ .

↓  
Quanto peso perde?

$$W = mgh$$

$$h = 2500 - 200 = 2300 \text{ m}$$

$$= 60 \times 9.81 \times 2300 \text{ J} = 1.35 \times 10^6 \text{ J}$$

$$E = \frac{W}{\eta} = 5 \cdot W = 6.7 \times 10^5 \text{ J}$$

$$= 1.6 \times 10^6 \text{ cal} = 1.6 \times 10^3 \text{ kcal}$$

$$m = \frac{E}{A} = \frac{1.6 \times 10^3 \text{ kcal}}{9.3 \text{ kcal/g}} = 170 \text{ g}$$

Part 2: The previous 2500 kcal/g →

and consume 2500 kcal/g →

Quanti kg perde in un mese?

$$\frac{1000 \text{ kcal} \cdot 30}{9.3 \text{ kcal/g}} = 3.2 \times 10^3 \text{ g} = 3.2 \text{ kg}$$

Esercizio: raffreddiamo un pezzo di ferro caldo da  
1 kg in 15 litri d'acqua a  $20^\circ\text{C}$ .  
Di conseguenza  $\Delta T_a = 3.2^\circ\text{C}$ , considerato

$$\text{con } c_s = 0.11 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}}$$

De terminare la temperatura dell'oggetto  
prima di venire immerso.



$$Q = m_d C_d (T_f - T_i) = -m_f C_f (T_f - \tilde{T}_i)$$

↓ temperatura de qua initialize  
↓ Temperatura de fero initialize

$$T_f - \tilde{T}_i = - \frac{m_d C_d (T_f - T_i)}{m_f C_f}$$

$$\tilde{T}_i - T_f = \frac{m_d C_d (T_f - T_i)}{m_f C_f}$$

$$\tilde{T}_i = T_f + \frac{m_d C_d (T_f - T_i)}{m_f C_f} = 23.2^\circ\text{C} + \frac{25\text{kg} \cdot 2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 3.2^\circ\text{C}}{1\text{kg} \cdot 0.12 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}}$$

$$T_i = 23.2^\circ\text{C} + \frac{15 \times 3.2}{0.11} \text{C}^\circ = 23.2^\circ + 436.36^\circ\text{C}$$
$$\approx 460^\circ\text{C}$$