

# Conseguenze del teorema di Clausius: la funzione di stato *entropia*

un sistema termodinamico che si trova inizialmente in equilibrio nello stato di

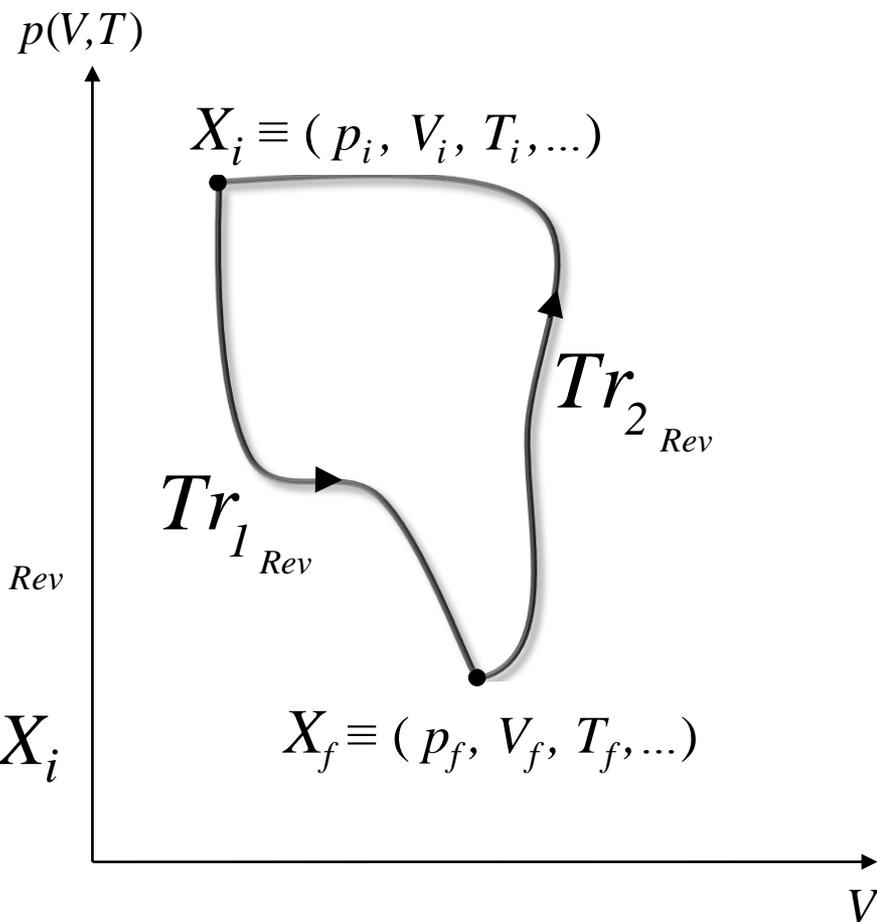
coordinate termodinamiche  $X_i$  esegue una trasformazione  $Tr_{1_{Rev}}$  reversibile

fino a raggiungere lo stato finale di

coordinate termodinamiche  $X_f$

poi da  $X_f$  una diversa trasformazione  $Tr_{2_{Rev}}$

reversibile lo riporta alle coordinate iniziali  $X_i$



il sistema termodinamico ha effettuato un ciclo reversibile

e per il teorema di Clausius si deve avere  $\oint \frac{dQ}{T} = 0$

$$\int_{X_i}^{X_f} \frac{dQ}{T} + \int_{X_f}^{X_i} \frac{dQ}{T} = 0$$

$Tr_{1\ Rev} \quad \downarrow \quad Tr_{2\ Rev}$

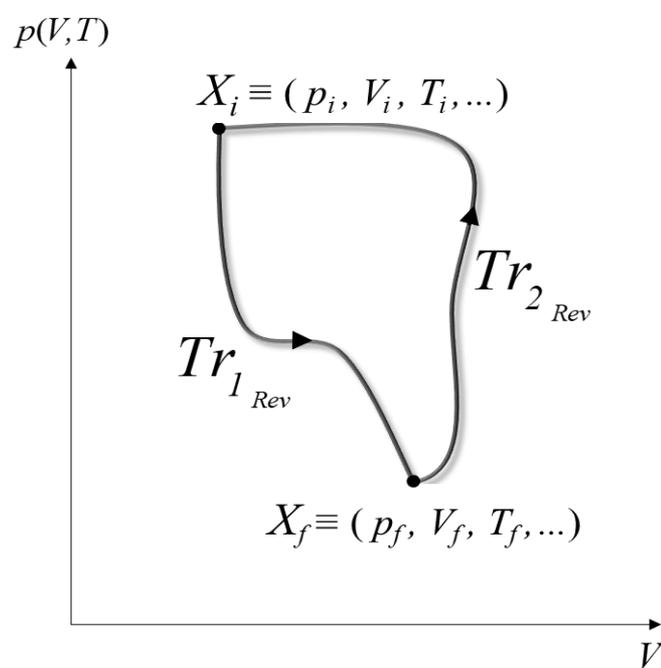
$$\int_{X_i}^{X_f} \frac{dQ}{T} = - \int_{X_f}^{X_i} \frac{dQ}{T}$$

$Tr_{1\ Rev} \quad \downarrow \quad Tr_{2\ Rev}$

$$\int_{X_i}^{X_f} \frac{dQ}{T} = \int_{X_i}^{X_f} \frac{dQ}{T}$$

$Tr_{1\ Rev} \quad \downarrow \quad Tr_{2\ Rev}$

$$\int_{X_f}^{X_i} \frac{dQ}{T} = - \int_{X_i}^{X_f} \frac{dQ}{T} = + \int_{X_i}^{X_f} \frac{dQ}{T}$$



nelle trasformazioni reversibili e' sufficiente scambiare i segni del calore e del lavoro per ripercorrere in senso inverso la trasformazione poiche'  $Tr_{2\ Rev}$  e' reversibile

in conclusione

$$\int_{X_i}^{X_f} \frac{dQ}{T} = \int_{X_i}^{X_f} \frac{dQ}{T}$$

$Tr_{1 Rev}$        $Tr_{2 Rev}$

$Tr_{1 Rev}$  e  $Tr_{2 Rev}$  sono trasformazioni reversibili qualsiasi

ma attenzione: questo vale solo e soltanto per le trasformazioni reversibili

**-non-** vale nelle trasformazioni quasi statiche e men che meno in quelle irreversibili !

➤ l'integrale di  $\frac{dQ}{T}$  **non dipende** dal percorso !

dunque la grandezza  $\frac{dQ}{T}$  e' sempre un differenziale esatto

al contrario di  $dQ$  che non e' un differenziale esatto

significato ?

in perfetta analogia con il concetto di integrale di linea di una forza conservativa

lungo un percorso chiuso se  $\int_{X_i}^{X_f} \frac{dQ}{T}$  non dipende dal "cammino",

$$Tr_{Rev}$$

ossia dalla trasformazione  $Tr_{Rev}$  effettuata per andare da  $X_i$  a  $X_f$

allora dipendera' solo dal valore che una determinata funzione delle sole

coordinate termodinamiche del sistema assume in corrispondenza di  $X_i$  ed  $X_f$

quindi si postula l'esistenza di una nuova **funzione di stato**  $S(X)$

dipendente dalle sole coordinate termodinamiche di un sistema termodinamico

denominata **entropia** e definita come:

$$\int_{Tr_{Rev}}^{X_f} \frac{dQ}{T} = S(X_f) - S(X_i)$$

nel S. I. l'entropia si misura in Joule/Kelvin

Nota bene :

- come nel caso dell'energia interna l'entropia e' definita a meno di una costante quindi non ne conosciamo il valore assoluto ma possiamo conoscerne la variazione durante una trasformazione

per valutare  $\Delta S$  dobbiamo calcolare l'integrale

$$\int_{X_i}^{X_f} \frac{dQ}{T}$$

*Tr<sub>Rev</sub>*

e possiamo farlo utilizzando qualsunque tipo di trasformazione termodinamica

che connetta i due stati ma solo a patto che sia una trasformazione

**reversibile**

dunque oltre all'energia interna esiste una seconda funzione di stato associata  
alle trasformazioni termodinamiche

ma dobbiamo ancor capire quale sia il significato fisico dell'entropia

mentre conosciamo bene il significato dell'energia interna

# Backup Slides