



Universita' degli Studi dell'Insubria

Corsi di Laurea in Scienze Chimiche e
Chimica Industriale

Termodinamica Chimica



Calore



"Well, it's cold again."

dario.bressanini@uninsubria.it

<http://scienze-como.uninsubria.it/bressanini>



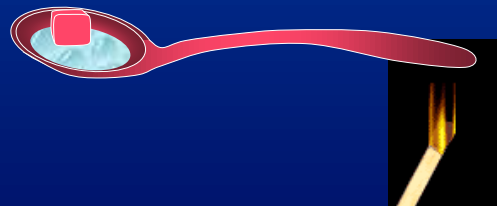
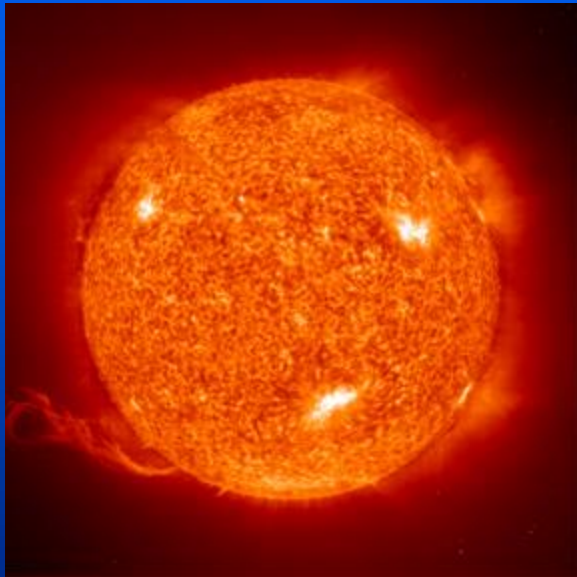
Calore e Temperatura

- La **Temperatura** riflette il **movimento casuale** delle particelle, ed è quindi correlata all'energia cinetica delle molecole
- Il **Calore** coinvolge un **trasferimento di energia** tra due oggetti a temperatura differente



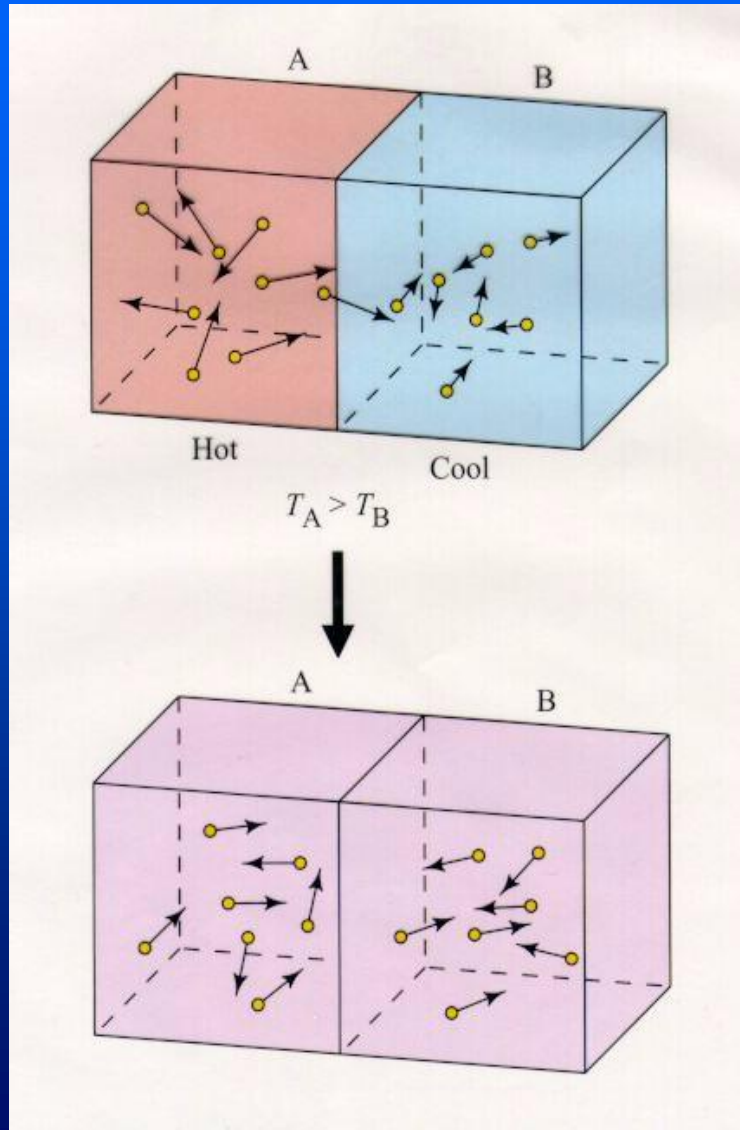
Flusso di Calore

Il Calore fluisce da un corpo caldo ad uno freddo fino a quando non raggiungono la stessa temperatura





Flusso di Calore ed Equilibrio Termico



- Quando un corpo caldo viene messo a contatto con un corpo freddo, del calore fluisce dal corpo caldo verso quello freddo, aumentando la sua energia, sino a raggiungere l'equilibrio termico.



Calore Scambiato

- Un processo si dice
 - ▀ **Esotermico**: se il calore viene emesso dal sistema verso l'ambiente
 - ▀ **Endotermico**: se il calore viene assorbito dal sistema ed emesso dall'ambiente



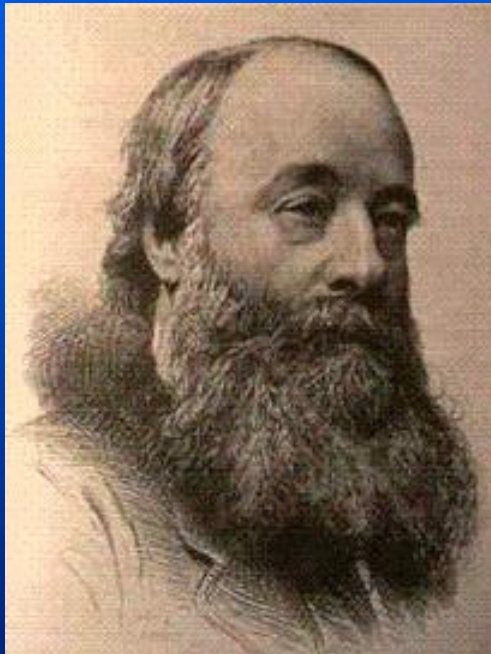
Energia, Lavoro e Calore

- Un sistema può scambiare energia con l'ambiente mediante
 - Calore scambiato
 - Lavoro eseguito (dal sistema o dall'ambiente)
- Scaldando un corpo, aumentiamo la sua capacità di compiere lavoro e quindi aumentiamo la sua energia
- Anche compiendo lavoro sul sistema aumentiamo la sua energia, ad esempio comprimendo un gas o tirando una molla.



Calore e Lavoro

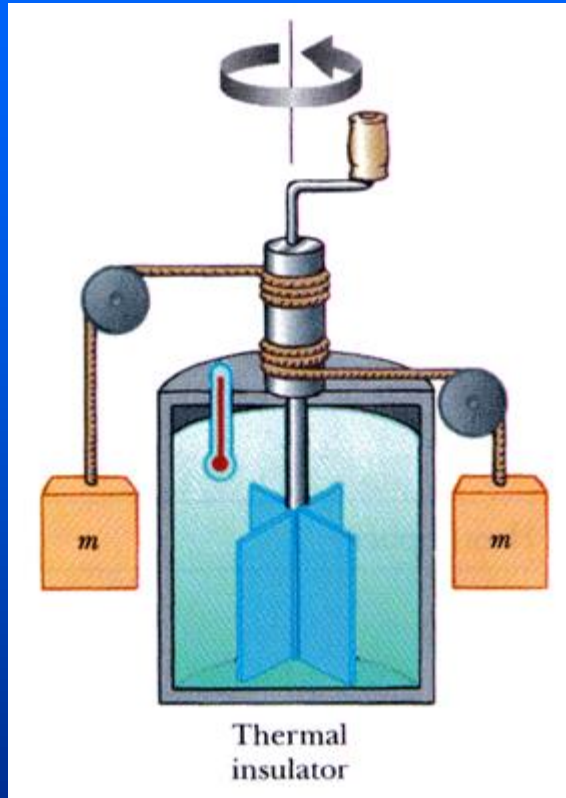
- Joule mostrò come il Lavoro e il Calore fossero convertibili l'uno nell'altro



- Dopo aver variato l'Energia di un sistema, questo non "ricorda" se è stato eseguito del lavoro o se è stato scambiato del calore



L'Esperimento di Joule



- Joule provò l'equivalenza tra calore e lavoro meccanico

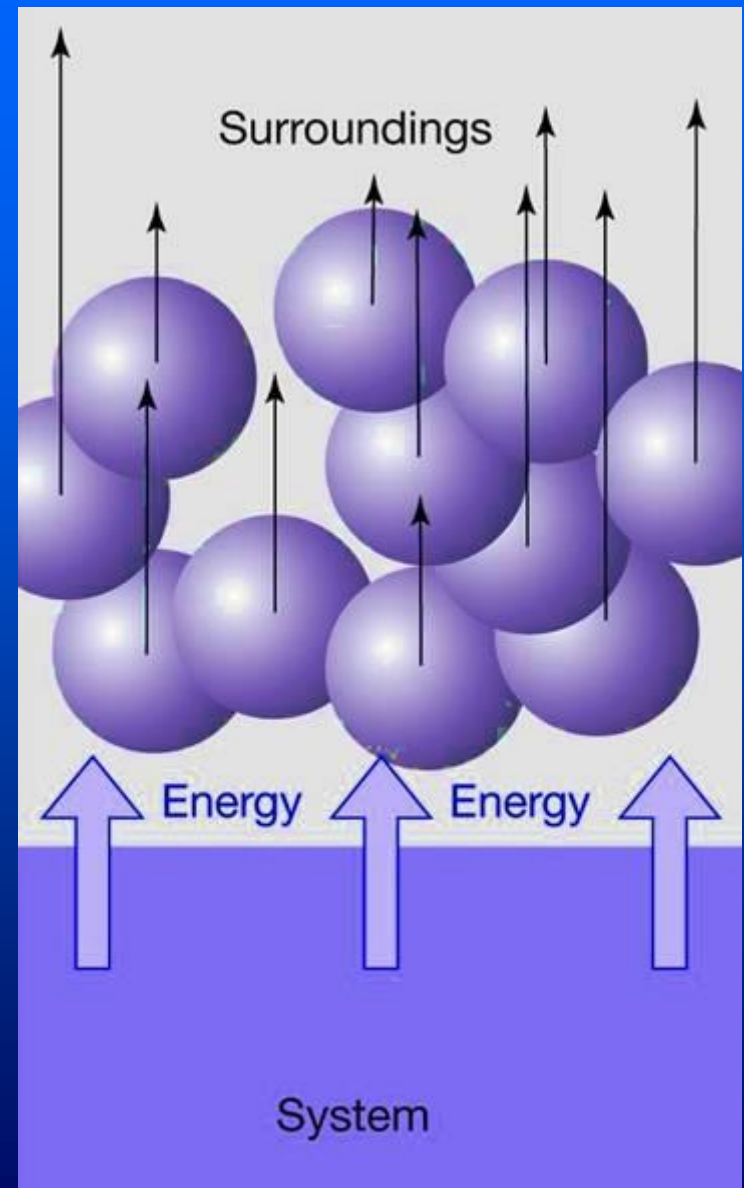
Il lavoro eseguito per far ruotare le pale, causa un aumento della temperatura dell'acqua

- Joules mostrò anche che la quantità di calore prodotto era proporzionale alla quantità di lavoro



Lavoro: Energia in Transito

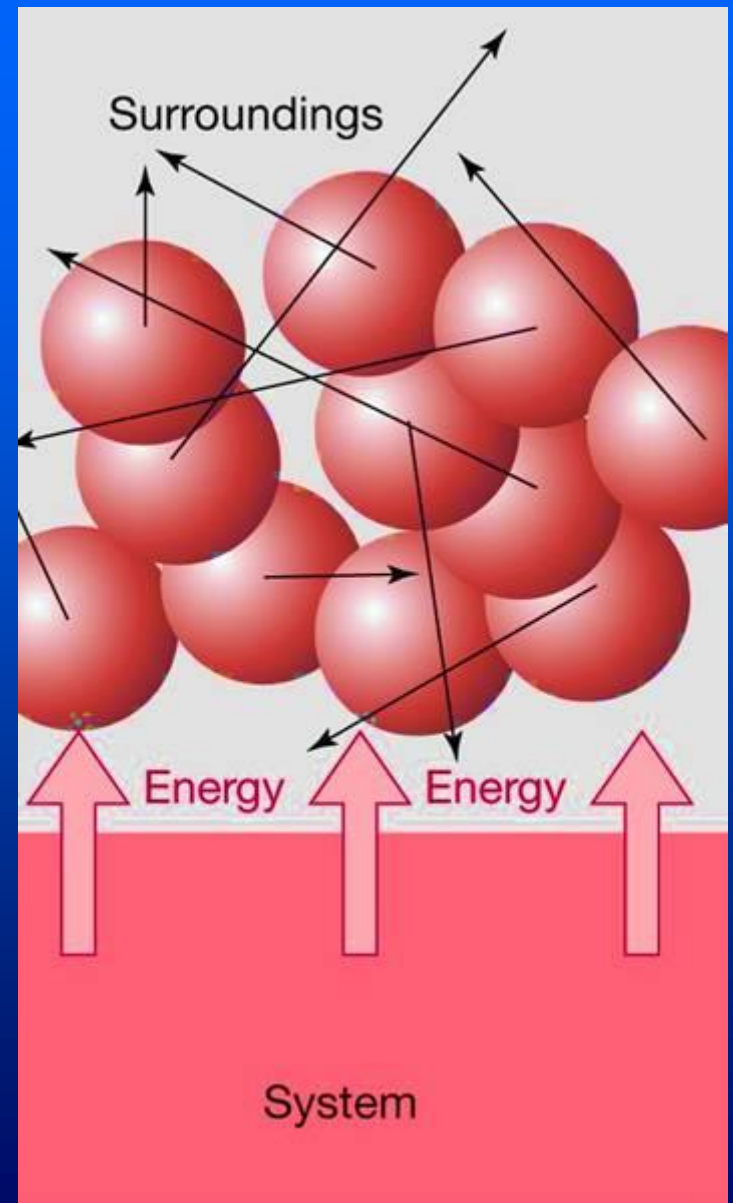
- Simbolo: w
- Il Lavoro e' energia 'ordinata' che puo' essere utilizzata per sollevare un peso nell'Ambiente
- Non puo' essere immagazzinata come Lavoro. Esiste SOLAMENTE durante il processo in cui viene eseguito il lavoro.





Calore: Energia per giungere all'Equilibrio

- Simbolo: q
- Il Calore e' energia '**disordinata**' che viene trasferita tra sistema e ambiente per ristabilire l'equilibrio termico.
- **NON** puo' essere immagazzinato come Calore. Esiste **SOLAMENTE** durante il processo in cui viene scambiato.





Calore Contenuto???

NO NO NO!!

**NON SI PUO' PARLARE DI CALORE
CONTENUTO IN UN CORPO!!**

SOLO DI ENERGIA CONTENUTA

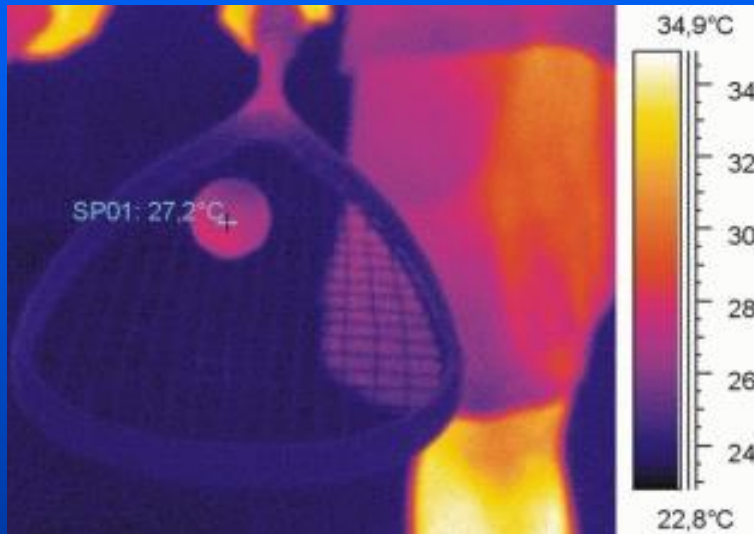


Convenzione del Segno

- Per convenzione, Lavoro e Calore sono **negativi** se diminuiscono l'energia del sistema, **positivi** se l'aumentano
- Lavoro
 - > 0 se e' fatto sul sistema
 - < 0 se e' fatto dal sistema
- Calore
 - > 0 se e' assorbito dal sistema
 - < 0 se e' emesso dal sistema



Conversione di Lavoro in Calore



Temperatura di una palla da tennis prima e dopo l'urto



Calore e Lavoro non si Conservano

- Il **Lavoro** non è una funzione di stato, e dipende dal cammino.
- Essendo il **Lavoro** e il **Calore** equivalenti in Termodinamica, neanche il **Calore** è una funzione di stato
- Il **Calore** è una particolare **forma** di energia e quindi non sorprende che non sia una funzione di stato.



Energia Interna

- Se Calore e Lavoro non esistono al di fuori del processo in cui vengono trasferiti, cosa diventano?
- L'evidenza sperimentale portava a concludere che ogni corpo potesse immagazzinare l'energia internamente, senza trasformarla in energia cinetica totale del corpo ponendolo in movimento.
- La Termodinamica postula l'esistenza di una funzione U chiamata Energia Interna
- Non era chiaro cosa fosse l'Energia Interna, e si dovette aspettare la meccanica quantistica per capirlo.
- E' la somma dell'Energia Cinetica e Potenziale Molecolare (Energia traslazionale, rotazionale, vibrazionale,...)



Energia Interna

- L'energia Interna **PUO'** venire immagazzinata
- Esiste una U_i prima del processo e una U_f dopo il processo. Esiste quindi un $\Delta U = U_f - U_i$
- U e' una funzione di stato
- U si comporta come una "banca". Eseguendo lavoro sul sistema, U immagazzina una quantità equivalente di energia. Questa poi può essere ceduta sotto forma di lavoro, o di calore o in altro modo



Prima Legge della Termodinamica

- Nonostante il Calore e il Lavoro non siano delle funzioni di stato, **sperimentalmente** si osserva che la loro somma è una **variazione di una funzione di stato** chiamata **Energia Interna**

A white scroll with a black border and a serrated edge, unrolled to show the equation $\Delta U = q + w$. The scroll is decorated with blue and green leafy vines on both sides. The equation is written in red and black text.
$$\Delta U = q + w$$



$$\Delta U = q + w$$

- Il Primo principio della Termodinamica racchiude più osservazioni sperimentali
 - Calore e Lavoro sono equivalenti
 - Esiste una funzione di stato chiamata U che rappresenta l'energia "interna" del sistema
 - Se il sistema è isolato, $q = w = 0$, per cui $\Delta U = 0$:
l'energia si conserva
- Notate che non scriviamo Δq o Δw



Corollario

L'Energia dell'Universo
è costante



Il Primo Principio in Forma Differenziale

- Abbiamo già visto come spesso sia utile considerare dei cambiamenti infinitesimi su un sistema, invece di cambiamenti finiti
- Il primo principio $\Delta U = q + w$ in forma differenziale diventa

$$dU = dq + dw$$



Energia Interna

- L'Energia interna U e' una funzione di Stato. La termodinamica ci assicura che **DEVE** essere esprimibile in funzione delle altre variabili termodinamiche

$$U = U(p, V, T)$$

- L'equazione di stato che lega p , V e T non fornisce alcuna informazione su U , che deve quindi essere ricavata separatamente.
- Due gas possono seguire la legge dei gas ideali, ma avere un comportamento di U diverso



U per un Gas Ideale Monoatomico

- Dalla teoria cinetica dei Gas, abbiamo ottenuto che per un gas ideale monoatomico

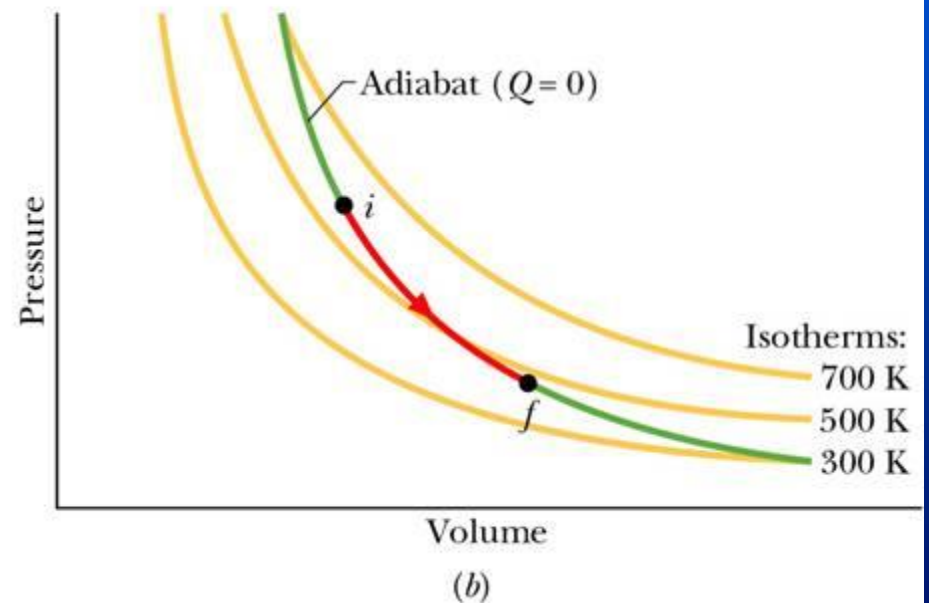
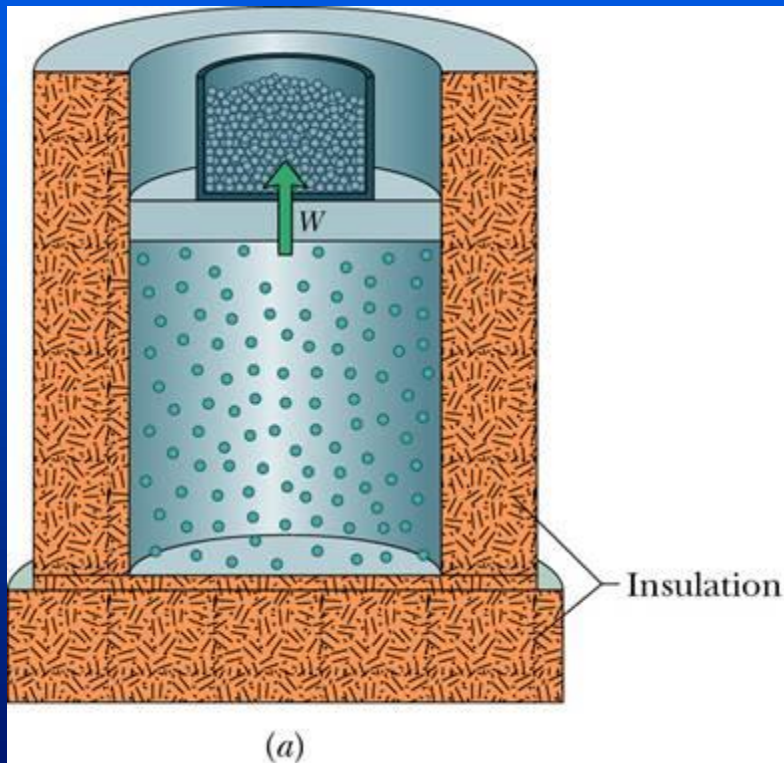
$$U(T) = U(0) + \frac{3}{2}nRT$$

- Lo Zero delle energie e' imprecisato, ma non ha importanza in Termodinamica, poiche' interessano solo le variazioni di Energia
- Dipende **SOLO** da **T**, non da **V** o **p**



Processo Adiabatico

- $\Delta U = q + w$
- In un processo adiabatico, $q = 0$, e quindi $w = \Delta U$





Lavoro per un Gas Ideale

- Isoterma Reversibile: $T = \text{costante}$

$$w = nRT \ln(V_f/V_i)$$

- Isobaro: $p = \text{costante}$

$$w = p\Delta V$$

- Adiabatico: $q = 0$ $pV^\gamma = \text{costante}$

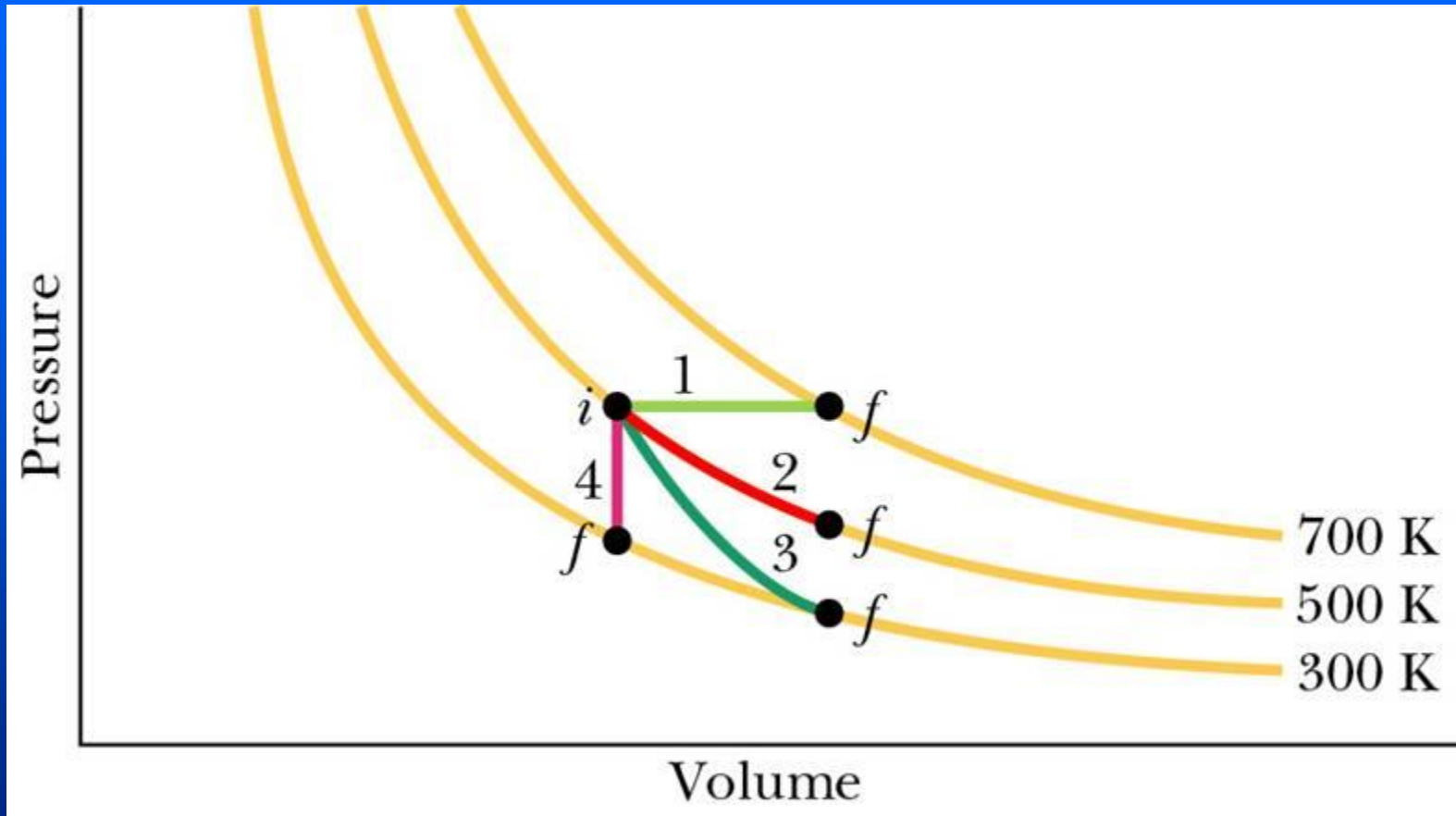
$$w = \Delta U$$

- Isocoro: $V = \text{costante}$

$$w = 0$$



Processi Termodinamici Comuni



1:Isobaro 2:Isoterma 3:Adiabatico 4:Isocoro