

# Lavoro, non-lavoro, calore

- 1) Concetti di base
  - 2) Primo principio della termodinamica
  - 3) Secondo principio della termodinamica
  - 4) Stati di equilibrio stabile
  - 5) Diagramma energia-entropia
  - 6) **LAVORO, NON-LAVORO E CALORE**
  - 7) *Macchine termiche*
  - 8) *Sistemi semplici*
  - 9) *Proprietà di sostanze pure all'ES*
  - 10) *Sistemi aperti*
  - 11) *Aria umida*
- (?) *Exergia e rendimento exergetico*

## Lavoro, non lavoro e calore

- Le interazioni possono avere una grande quantità di effetti, in particolare possono determinare scambi di energia, entropia, quantità di costituenti e volume attraverso la frontiera fra i sistemi interagenti.
- Questi scambi provocano cambiamenti di stato dei sistemi interagenti.
- Se in seguito ad interazioni un sistema è portato in uno stato non di ES, tale stato può evolvere spontaneamente verso l'equilibrio, causando ulteriori cambiamenti nei valori delle proprietà (es: creazione spontanea di entropia entro il sistema).
- Ai fini della valutazione dell'efficienza di un processo, è importante sapere se l'aumento di entropia entro un sistema è dovuto a scambi con altri sistemi o a creazione per irreversibilità.

All'interno dei bilanci di energia e di entropia è necessario saper determinare

- i termini  $E_{\rightarrow}$  (energia scambiata durante il processo) e  $S_{\rightarrow}$  (entropia scambiata durante il processo)
  - i termini  $E_2-E_1$  (variazione di energia) e  $S_2-S_1$  (variazione di entropia)
- per valutare  $S_{irr}$  e quindi l'efficienza del processo

# Interazione di tipo lavoro

È un'interazione tra due sistemi caratterizzata dal trasferimento di energia senza trasferimento di entropia. La quantità di energia trasferita è detta *lavoro* ( $W$ )

$$\begin{cases} E_{12}^{\leftarrow} = W_{12}^{\leftarrow} = -W_{12}^{\rightarrow} \\ S_{12}^{\leftarrow} = 0 \end{cases}$$

I bilanci di energia e di entropia per un sistema  $A$  soggetto ad un'interazione di tipo lavoro sono perciò

$$\begin{aligned} E_2^A - E_1^A &= -W_{12}^{A\rightarrow} \\ S_2^A - S_1^A &= (S_{\text{irr}}^A)_{12} \end{aligned}$$

**Processo adiabatico:** è un processo in cui un sistema è soggetto soltanto interazioni di tipo lavoro (il processo meccanico è un processo adiabatico).

# Interazione di tipo non-lavoro

Ogni interazione tra due sistemi caratterizzata da uno scambio di entropia (normalmente accompagnato da uno scambio di energia)

$$S_{12}^{\leftarrow} \neq 0$$

**Processo non adiabatico:** è un processo che implica interazioni di tipo non-lavoro.

# Interazione di tipo calore

È una particolare interazione di tipo non-lavoro, interamente distinguibile da quella di tipo lavoro.

- Ha luogo tra due sistemi inizialmente in stati di equilibrio stabile con

$$T_1^A \cong T_1^B \cong T_Q$$

- Comporta un trasferimento di energia e un trasferimento di entropia tra i due sistemi legati dalla relazione

$$E_{12}^{\leftarrow} = T_Q S_{12}^{\leftarrow}$$

L'energia scambiata è detta *calore* ( $Q$ ).

$$Q_{12}^{\leftarrow} = T_Q S_{12}^{\leftarrow}$$

I bilanci di energia e di entropia per un sistema  $A$  soggetto ad un'interazione di tipo calore sono perciò

$$E_2^A - E_1^A = Q_{12}^{A\leftarrow}$$

$$S_2^A - S_1^A = \frac{Q_{12}^{A\leftarrow}}{T_Q} + (S_{\text{irr}}^A)_{12}$$

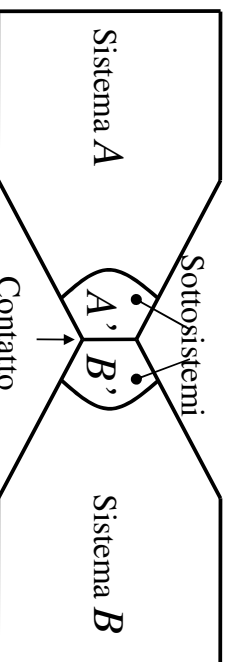
SEIND-EdTA-06 - Lavoro, non-lavoro, calore v. 3.0

5

# Interazione di tipo calore

La definizione di interazione di tipo calore (scambio di energia ed entropia... tra due sistemi alla stessa temp.) non coincide con la nozione comune di scambio di calore, che è sempre riferita all'interazione tra sistemi a diversa temperatura.

- Due corpi a diversa temperatura, messi a contatto si portano in stati di non equilibrio.
- Per studiare questi stati di non equilibrio, si suddividono i corpi in sottosistemi di volume infinitesimo, ognuno in uno stato che si assume essere di equilibrio stabile (*modello dell'equilibrio termodinamico locale*).
- Le temperature di volumetti contigui differiscono per una quantità infinitesima, perciò essi scambiano energia per interazione calore. In particolare, a seguito del contatto, i volumetti di  $A$  e  $B$  sui due lati della superficie di contatto si portano alla stessa temperatura e sono soggetti ad interazione calore.



Se i sottosistemi  $A'$  e  $B'$  di  $A$  e  $B$ , sono soggetti ad interazione calore, per estensione diremo che anche  $A$  e  $B$  interagiscono con interazione di tipo calore.

SEIND-EdTA-06 - Lavoro, non-lavoro, calore v. 3.0

6

# Bilanci per sistema chiuso

Un sistema è **chiuso** quando non scambia costituenti con l'ambiente. Un sistema chiuso è soggetto solo ad interazioni di tipo lavoro e calore.

Le equazioni di bilancio dell'energia e dell'entropia per sistemi chiusi possono essere scritte, utilizzando il simbolo  $W$  per indicare il lavoro e il simbolo  $Q$  per indicare il calore, nel modo seguente

$$E_2^A - E_1^A = Q_{12}^{A\leftarrow} - W_{12}^{A\rightarrow}$$

$$S_2^A - S_1^A = \frac{Q_{12}^{A\leftarrow}}{T_0} + (S_{\text{irr}}^A)_{12}$$

Facendo tendere a zero l'intervallo di tempo ( $t_1=t$  e  $t_2=t+dt$ )

$$\frac{dE^A}{dt} = \dot{Q}^{A\leftarrow} - \dot{W}^{A\rightarrow}$$

$$\frac{dS^A}{dt} = \frac{\dot{Q}^{A\leftarrow}}{T_0} + \dot{S}_{\text{irr}}^A$$