SERVIZI ENERGETICI PER L'INDUSTRIA

ELEMENTI DI TERMODINAMICA APPLICATA

Prof. Adriano M. Lezzi

NOTA: v. 3 corrisponde agli A.A. da 2015/16 a 2018/19

Indice

I "lucidi" utilizzati in aula sono suddivisi nelle seguenti unità:

Presentazione
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*

Sistema e proprietà

Sistema: insieme di *costituenti* (atomi, molecole, ioni, fotoni,… punti materiali,…) definito da

- Tipo e quantità di ciascun costituente
- Forze esterne (tra costituenti del sistema e costituenti esterni al sistema). Non devono dipendere da coordinate di costituenti esterni, sono caratterizzate da *parametri* (es. *volume*)
- Forze interne (tra i costituenti del sistema)
- Vincoli

Ambiente (del sistema): tutto ciò che è esterno al sistema

Proprietà: è un attributo di un sistema definito da una procedura di misura che, applicata al sistema al tempo *t*, fornisce un risultato numerico *P(t),* indipendente da

- Dispositivi di misura
- Altri sistemi nell'ambiente
- Altri istanti di tempo

P(t) è il valore della proprietà al tempo *t*.

Stato

Stato: lo stato di un sistema al tempo *t* è l'insieme dei valori delle quantità di tutti i costituenti, di tutti i parametri delle forze esterne e di tutte le altre proprietà

$$A(t) = \{n_1(t),...,n_r(t), \beta_1(t),...,\beta_s(t), P_1(t), P_2(t),...\}$$

r = numero dei costituenti
s = numero dei parametri

Cambiamento di stato nel tempo può essere

- indotto dall'esterno (cambiamenti indotti)
- dovuto a meccanismi interni (cambiamenti spontanei)

Sistema isolato: non è in grado di interagire con l'ambiente, cioè non è in grado di causare alcuna alterazione dello stato dell'ambiente.

Interazione

Interazione: i cambiamenti di stato indotti sono caratterizzati da variazioni del valore di una o più proprietà in entrambi i sistemi interagenti.

Per alcune proprietà le variazioni possono essere descritte come uno **scambio** (o **flusso**) della proprietà fra i due sistemi. Esempio: a seguito di un urto fra due punti materiali di massa differente, variano velocità e quantità di moto dei due punti. La variazione di quantità di moto si descrive come uno scambio fra i due sistemi, la variazione di velocità no.

Si può introdurre una **classificazione** delle interazioni utilizzando come criteri
- le proprietà scambiate
- le modalità di scambio

Processo

Processo: è specificato dalle descrizioni
- dello stato iniziale
- dello stato finale
- delle interazioni cui è stato soggetto il sistema

$$A_1 \xrightarrow{\alpha} A_2$$

Alcuni tipi di processi

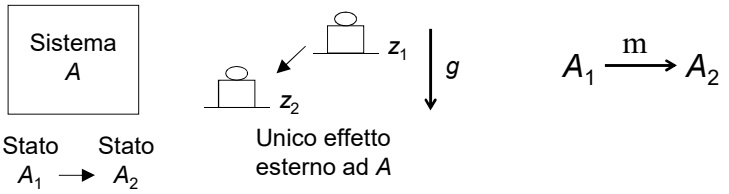
- **Ciclico:** se lo stato finale coincide con quello iniziale

- **Spontaneo:** se non è accompagnato da alcun effetto esterno (non ci sono interazioni con l'ambiente).
  Un sistema isolato può subire solo processi spontanei.

- **Stazionario:** se il sistema permane nello stesso stato anche in presenza di interazioni con l'ambiente.
  Se lo stato varia nel tempo il processo è **non stazionario**.

Processo

- **Reversibile:** se è possibile realizzare un secondo processo che ripristini lo stato iniziale del sistema **e** dell'ambiente.
  (Possibilità di annullare gli effetti di un processo)
  Se non è possibile riportare in alcun modo il sistema **e** l'ambiente nei rispettivi stati iniziali si dice che il processo è **irreversibile**.

- **Meccanico:** se l'unico effetto sull'ambiente è la variazione di quota di un grave in un campo gravitazionale (o effetto "meccanico" equivalente)

Processo meccanico per il sistema *A*