



## Appunti di Fisica \_I

Secondo semestre

### Termodinamica

Sommario

## Sommario

Introduzione.....	1
Qui useremo un approccio .....	2
I principi.....	2
Definizioni di base.....	3
Equilibrio termodinamico.....	3

## Introduzione

Un sistema macroscopico, visto come un aggregato di infinite parti elementari, anche se potrebbe essere in linea di principio descritto in dettaglio dalla meccanica, in pratica, per la impossibilità di risolvere un infinito numero di equazioni, dovrà essere descritto con metodologie diverse.

La meccanica, per esempio, schematizza un sistema, ne discute gli aspetti cinetici macroscopici e trascura gli aspetti interni microscopici che spesso non sembrano avere un diretto effetto sullo stato di moto complessivo. Lo stato complessivo di un sistema macroscopico d'altra parte deve tener conto di altri effetti, come per esempio la temperatura, che certamente è una manifestazione dello suo stato microscopico.

L'altro problema che resta malamente risolto dalla pura meccanica è la *conservazione dell'energia*, che in genere a causa dell'azione di forze dette "dissipative" *sparisce nel nulla*. Nel passato uno dei problemi principali che ci si poneva era proprio l'esame del bilancio energetico complessivo di un processo fisico (leggi costi), estendendo l'indagine a scambi di energia che non sembravano meccanici nel senso macroscopico finora discusso.

Due sono in effetti le strade che spiegano questo tema della fisica: la *termodinamica* storica e la *meccanica statistica*.

Nel capitolo passato abbiamo già intravisto una possibile linea di spiegazioni che deriva da una visione più moderna delle interazioni elementari e da una descrizione *statistica* dei fenomeni, che non si conoscevano nel 18<sup>mo</sup> secolo quando iniziò, sulla scia della rivoluzione industriale e quindi per ragione pratiche, lo sviluppo della termodinamica.

La *termodinamica*, storicamente si basò invece su fatti sperimentale piuttosto che su concetti di meccanica e su modelli di struttura interna. In questo senso i principi termodinamici che studieremo sono generali e validi per qualsiasi sistema complesso. Infatti la termodinamica è diventata una scienza fondamentale per la descrizione di un qualsiasi sistema complesso esistente: la *termodinamica è generalissima*.



## Qui useremo un approccio ...

L'approccio qui, *essenzialmente di tipo termodinamico* storico, non è proprio quello classicissimo dei vecchi libri ?. qui tentiamo di raccontare, forse in chiave più moderna, con accenni di *teoria cinetica dei gas* i fenomeni che stanno alla base delle leggi della termodinamica. In genere poi, per esigenze di chiarezza e di semplicità, ci limiteremo a discutere le trasformazioni dei sistemi gassosi (magari quelli ideali).

Quando si parla di termodinamica, generalmente si pensa ad un gas anche se la termodinamica vale in generale per qualsiasi sistema complesso, liquido, solido etc?. e qui, per fissare velocemente le idee, pensiamo pure ad un gas come all'insieme di tantissime molecole, tutte simili, racchiuse in un volume definito. Per esempio in un litro di ossigeno alla pressione di una atmosfera, ci sono circa  $10^{20}$  molecole!

Ora il primo problema da affrontare è come descrivere lo stato di un sistema così complesso. Infatti conoscere lo stato di un sistema gassoso (o non) formato da  $10^{20}$  particelle nei minimi dettagli, cioè *la posizione e la velocità* di ciascuna molecola, è praticamente impossibile e certamente è anche inutile per quello che ci serve alla fine.

Prendiamo in considerazione invece alcuni variabile che descrivono in generale lo stato del sistema come:

- V, il volume che indica lo spazio in cui il gas è racchiuso (in genere ce ne "freghiamo" anche della forma; insomma è il volume del contenitore).
- P, la pressione che indica la forza che il gas esercita su una qualsiasi porzione unitaria di superficie.
- T la temperatura, cioè quella quantità che si misura con termometro.

Queste quantità vanno spiegate meglio!

Sul volume non c'è da dire molto; sulla pressione, anche se l'intuizione ci aiuta forse dovremo dire qualche cosa; ma sulla temperatura?? Vedremo più avanti!

Per completezza e miglior definizione rielenchiamo le poche variabile che descrivono un sistema: il *volume*, la *pressione* e la *temperatura* le principali, e poi la *massa*, la *densità* e la *concentrazione*... Alcune sono variabili globali dette anche *estensive* e sono *additive* (*volume* e *massa*), altre sono locali perchè possono variare da punto a punto, sono dette *intensive* e non godono della additività (*pressione*, *temperatura*, *densità*..).

## I principi

La termodinamica classica si basa su fatti sperimentali, come già abbiamo accennato, che sono stati alla fine riassunti in leggi fondamentali, quelle che oggi sono codificate nei quattro *principi della termodinamica*. Qui le riporto solo come sommario di quanto dovremmo apprendere e giustificare nei prossimi capitoli:

1. **Principio zero.** *Due sistemi in equilibrio termico con un terzo sistema, sono in equilibrio termico tra loro.*
2. **Primo principio.** *L'energia interna di un sistema fisico è funzione del suo stato temodinamico e vale una legge di conservazione.*
3. **Secondo principio.** *Non è possibile realizzare una trasformazione il cui unico risultato sia una trasformazione in lavoro del calore tratto da una sorgente a temperatura uniforme.*
4. **Terzo principio.** *Nel limite in cui la temperatura tende a zero assoluto, l'entropia di un qualunque sistema termodinamico tende an un valore finito costante che può essere posto uguale a zero.*



Il principio zero è stato introdotto per chiarezza negli ultimi tempi, per dare una definizione del significato di equilibrio termodinamico. Il terzo principio non sarà discusso in questa nostra presentazione, tuttavia è stato riportato qui solo per completezza.

Nel seguito giustificheremo i principi sperimentalmente e talvolta con qualche accenno statistico, anche se la trattazione statistica verrà discussa in modo più rigoroso nei prossimi anni!!!

## Definizioni di base

Un *sistema termodinamico* è un aggregato immenso di particelle ( $10^{+20}$  o più particelle) in uno stato solido, liquido o gassoso, o in tutte e tre gli stati.

Non studieremo lo stato di moto globale del sistema, nè il moto, del resto impossibile a conoscere, delle singole particelle, anzi i nostri sistemi in genere saranno sempre in quiete. Studieremo invece le *trasformazioni* che il sistema potrà subire e ne descriveremo gli scambi energetici con l'ambiente. Un *sistema termodinamico* è una porzione di mondo, costituito da una o più parti (liquido, gas, solido), delimitato da una *parete* che ne definisce i confini ed è immerso in un *ambiente esterno* che attraverso la parete è in contatto con il sistema e contribuisce a determinarne le caratteristiche fisiche e l'evoluzione. La *parete* di confine tra due sistemi, può essere:

- *isolante* se una modifica delle condizioni termiche di un sistema non influenzano l'altro sistema;
- *conduttrice* se una modifica delle variabili di un sistema può indurre una variazione nell'altro sistema; o
- *parziale* se lascia passare anche del materiale.

Si dirà che il sistema è:

- *chiuso*, se c'è solo scambio di energia. La parete di confine è *conduttrice*.
- *isolato*, se non c'è scambio nè di energia, nè di materia. La parete è *isolante*.
- *aperto*, c'è scambio di energia e di materia con l'ambiente. La parete non è completa! ma parziale.

L'insieme di un sistema più il suo ambiente si considera un sistema isolato. Nel seguito noi studieremo principalmente i sistemi chiusi o isolati.

## Equilibrio termodinamico

Un concetto importante è il concetto di equilibrio termodinamico che riguarda almeno tre aspetti:

- l'*equilibrio meccanico* inteso come equilibrio di forze e momenti
- l'*equilibrio chimico* quando non vi sono nel sistema reazioni chimiche in atto che alterano la composizione del sistema stesso.
- l'*equilibrio termico* quando la "temperatura" (sensazione di calore) è la stessa ovunque.

In particolare un sistema è in equilibrio termodinamico quando c'è un equilibrio tra tutte le forze esterne e quelle sviluppate dal sistema. Inoltre la sua "temperatura" è la stessa in ogni suo punto e la stessa dell'ambiente con cui è eventualmente in contatto.

L'*equilibrio termico* è come vedremo determinato dalla temperatura del sistema. Sperimentalmente è stato dimostrato che due sistemi di egual temperatura messi in contatto non variano il loro stato termico, cioè rimangono alla stessa temperatura. Vale un principio di transizione espresso poi come assioma fondamentale nel *principio zero* su riportato.