



Appunti di Fisica _I

Secondo semestre

Termodinamica

Lavoro e calore

Sommario

Note sul lavoro e calore.....	1
Lavoro.....	1
cosa accade in una espansione.....	2
cosa accade in una compressione.....	3

Note sul lavoro e calore

Le trasformazioni sono realizzate con "marchingegni" ben noti; per esempio comprimiamo il gas o lo espandiamo con un pistone, oppure lasciamo muovere pareti di separazione interne ad un contenitore. In definitiva vari il volume e finisci sempre con il *fare lavoro sul sistema* che come ricorderai si esprime (vedi cap 28)

$$1) \quad L = -\int P dV$$

con il segno definito dalla variazione del volume. Qui si intende sempre quel *lavoro ordinato* che abbiamo discusso già nel capitolo 27, che corrisponde a forze e spostamenti rivelabili macroscopicamente.

Il sistema può anche essere in contatto termico con altri corpi e scambiare con questi una certa quantità di calore. Lo scambio ci fa immaginare, come pensavano i nostri antichi scienziati, al passaggio di un "fluido calorico" da un corpo all'altro. Ed ancora oggi, quando parliamo di fonte di calore, pensiamo ad una *sorgente* inesauribile di calore a temperatura fissa. Ma oggi sappiamo anche che il calore è il risultato di un *lavoro disordinato* (*trasferimento energetico microscopico*) sul sistema. Forse un termine più corretto è *fare calore*, che evoca meglio l'azione microscopica che si opera su di un sistema per aumentarne la sua energia media.

Lavoro

Ora prendiamo una nuova pentola cilindrica di base S , con un tappo scorrevole come un pistone. Il peso del pistone è bilanciato dalla forza che la pressione del gas fa sulla base del pistone. *A temperatura costante nulla accade.*

Mettiamo la pentola con il suo gas a temperatura T_0 su di una piastra a temperatura leggermente più elevata, diciamo T_1 , e vediamo che accade? Il pistone sale per un po' e poi si ferma.

Intanto è chiaro che l'energia cinetica media delle particelle aumenta per portarsi alla nuova temperatura. Allora le particelle, mediamente più veloci, sbattono contro il pistone con più impeto e, almeno per un po', vincono la forza peso del pistone che è costretto a salire.



Nell'urto le particelle perdono anche un pò della loro energia che trasferiscono al pistone, ma che riacquistano quando vengono a contatto con la sorgente di calore. Ma ecco che si instaura allora anche un fenomeno antagonista: il volume cresce, la popolazione delle particelle per unità di volume diminuisce e conseguentemente cala la frequenza con cui le particelle colpiscono il nostro pistone.

Quindi l'urto singolo trasferisce più impulso al pistone, ma a causa dell'aumento del volume, gli urti diminuiscono per unità di superficie fino a che la forza esercitata dal gas sul pistone è in equilibrio con il peso del pistone e il moto si arresta dopo un tratto finito d.

La trasformazione al solito dovrebbe essere fatta per stati di equilibrio. In tal caso la disegneremo sul piano PV con un segmento di retta orizzontale a pressione costante, cioè una isobara.

Si può procedere per passi infinitesimi per lo spostamento del pistone ed incrementi della temperatura.

Il gas ad ogni passo va da T a T + ΔT aumentando la temperatura, ma anche spostando di Δd il pistone pesante verso l'alto per farsi più spazio. Lo spostamento implica *un lavoro* fatto dalla forza peso ΔL = FΔd.

Possiamo riscrivere il lavoro in funzione della forza dovuta alla pressione che è costante su tutta la superficie del pistone ed ha il segno opposto a quello della forza esterna:

$$2) \quad \Delta L = \vec{F}_e \cdot \Delta \vec{d} = -P S \Delta d = -P \Delta V$$

Nota che il termine PΔV è lavoro elementare fatto invece dalle forze di pressione del gas sul pistone!

Si deve notare che il lavoro fatto dalle forze esterne sul sistema qui si esprime in funzione della pressione (o come il lavoro delle forze di pressione cambiato di segno) poichè supponiamo una perfetta identità all'equilibrio tra le forze esterne e le forze di pressione. La cosa può non essere vera! per esempio se il pistone si muove nella sua sede con attrito, non c'è identità nei moduli tra le forze esterne ed interne ...noi supporremo i pistoni sempre ben oliati! Tuttavia l'uso dell'una o dell'altra definizione del lavoro va ricordata nelle discussioni e nelle formule che incontreremo in seguito.

Ma torniamo a noi ed analizziamo che

Cosa accade in una espansione a pressione costante.

Scaldiamo il nostro sistema a temperatura T₀ verso un valore finale della temperatura T₁. Il pistone sale!. Nello spostamento gli urti con il pistone non sono esattamente elastici, ma una parte di energia cinetica della particella urtante viene assorbita dal pistone per salire. Le particelle tornano indietro degradate in energia e naturalmente vogliono condividere, via gli urti, la malasorte (la loro riduzione di energia) con le altre particelle del gas. Se l'energia cinetica media diminuisce allora è come dire che la temperatura del sistema cala. In effetti il sistema non si raffredda poichè è a contatto con la sorgente di calore, che continua a fornire l'energia necessaria affinché il gas si riscaldi e continui a salire verso il valore finale T₁.

La quantità di calore oltre a dover fornire energia per far crescere l'energia delle particelle (la loro temperatura), deve anche sopperire all'energia persa dal gas per far salire il pistone. Quindi si può ipotizzare:

$$3) \quad \Delta Q = \Delta E + P \Delta V$$



Il calore quindi si trasforma, sia in energia cinetica delle molecole del gas, sia in lavoro meccanico.

...e che

Cosa accade in una compressione a pressione costante

Il lavoro meccanico d'altra parte può trasformarsi in calore. Immagina il processo inverso, una compressione. Se prima abbiamo fatto l'espansione con un cammino reversibile, ripetiamo i passi in senso inverso, adesso è il pistone che cede energia al gas e lo riscalda. Questo extra-calore viene però comunque alla fine ceduto alla piastra finale che sarà contrariamente a prima, sempre a temperatura più bassa di quella del gas finché non si raggiungerà la temperatura finale, cioè quella primitiva di partenza.

La quantità di calore ceduta può essere misurata sperimentalmente e troveresti esattamente la stessa quantità di prima, anche se di segno opposto.

Poiché l'energia cinetica E , diminuisce di quanto era aumentata nel primo processo, il resto del calore ceduto alla piastra corrisponde al lavoro, questa volta fatto dalla forza peso contro la pressione del gas. La spiegazione microscopica del fenomeno è quindi simile a quanto detto prima, solo che le particelle nell'urto con il pistone, invece di perdere energia, l'acquistano. E quindi diremo che:

Il lavoro meccanico si trasforma, sia in energia cinetica delle molecole del gas, sia in calore.