

*I.P.S.I.A. "A.M. Barlacchi"*

*Crotone*

## *Appunti di Fisica*

*Capitolo VI*

### *Il calore e la temperatura*

*Ugo Carvelli*

## Capitolo VI – Il calore e la temperatura

### Calore e temperatura

Calore e temperatura sono due grandezze fisiche ben distinte, anche se tali concetti vengono spesso confusi tra essi.

La *temperatura* è una proprietà. In fisica si stabilisce che se due corpi sono in equilibrio termico tra loro hanno una proprietà in comune alla quale si dà il nome di temperatura.

Se invece i corpi non sono in equilibrio, si avrà sempre un trasferimento di calore dal corpo più caldo al corpo più freddo (mai viceversa).

Possiamo quindi definire la *temperatura* come *la proprietà che regola il trasferimento di energia termica*, ossia del calore.

Una definizione operativa di temperatura potrebbe allora essere la seguente: *si definisce temperatura la grandezza fisica che indica lo stato termico di un corpo e si misura mediante il termometro*.

Il *calore* è invece una “*forma di energia*“ che passa da un corpo più caldo verso un corpo più freddo, ed è la causa delle variazioni di temperatura: un corpo quando riceve calore si scalda e di conseguenza la sua temperatura aumenta, al contrario, un corpo quando perde calore si raffredda e perciò la sua temperatura diminuisce.

La distinzione tra un corpo caldo e un corpo freddo è legata alla sensazione che ci procura il contatto con il corpo o la sua vicinanza.

Tuttavia, il calore e la temperatura sono due proprietà ben definite, anche se entrambe in stretta relazione con la struttura della materia.

### La misura del calore

Lo strumento che misura il calore è il calorimetro che non è altro che un recipiente adiabatico (come un termos) che cioè non fa disperdere il calore della sostanza che mettiamo al suo interno.

L'unità di misura del calore è stata per tanto tempo la *caloria* (indicata con la sigla *cal*), 1 cal è definita come la quantità di calore necessario per innalzare di 1°C la temperatura di 1 g di acqua distillata a pressione normale (1 atm).

Da quando si è capito però che il calore è una forma di energia è stato necessario convertire tale unità di misura in joule, cioè la stessa dell'energia. Così mediante indagini sperimentali si è arrivati a stabilire che:



$$1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$$

## ***Termometro***

Il **termometro** è uno strumento di misura per misurare la temperatura. I termometri che utilizziamo normalmente sono *termometri a liquido*. Essi si basano sul fatto che *all'aumentare della temperatura i corpi si dilatano* e sono costituiti da un tubicino di vetro riempito di un liquido (spesso mercurio) che, al crescere della temperatura, aumenta il proprio volume salendo. Essi devono essere *tarati*, scegliendo due temperature di riferimento, in modo tale che le tacche al loro interno corrispondano a multipli dell'unità di misura della temperatura.



## ***Scale termometriche***

Il *grado Celsius* ( $^{\circ}\text{C}$ ) è l'unità di una scala di misura per la temperatura, così chiamata dal nome dell'astronomo svedese *Anders Celsius* (1701-1744), che la propose per la prima volta nel 1742. La scala Celsius oggi utilizzata fissa il punto di congelamento dell'acqua a  $0^{\circ}\text{C}$  e il punto di ebollizione a  $100^{\circ}\text{C}$  in condizioni normali di pressione.

In realtà la scala Celsius ha un difetto e cioè che è perfettamente possibile scendere sotto lo zero gradi. Anche a temperature inferiori a zero gradi le molecole di cui è composta la materia continuano a muoversi ed agitarsi. Ma man mano che scende la temperatura questi movimenti si faranno sempre più piccoli, la velocità scenderà fino ad un punto in cui tutte le molecole rimarranno perfettamente immobili. E' ovvio che sotto questo livello non è possibile andare, la velocità non potrà scendere sotto zero. Questo punto di immobilità assoluta di tutti i costituenti microscopici della materia viene chiamato *zero assoluto*. La temperatura dello zero assoluto corrisponde a:

$$\text{zero assoluto} = -273,15^{\circ}\text{C}$$

ed è per questo che i fisici hanno deciso che una scala termometrica più adatta sarebbe stata una scala il cui zero corrisponde allo zero assoluto. La scala *kelvin* corrisponde proprio a questa esigenza.

Un grado kelvin corrisponde esattamente ad un grado centigrado, ma lo zero è stato spostato verso il basso a  $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Quindi per passare da centigradi a kelvin bisogna aggiungere 273,15 mentre per passare da kelvin a centigradi bisogna sottrarli.

### ***Calore specifico***

Il *calore specifico* “ $c$ ” di una sostanza è definito come la quantità di calore necessaria per innalzare la temperatura di una unità di massa (1 kg) di  $1^{\circ}\text{C}$  e si misura in:

$$J / \text{kg} \cdot \text{K}$$

### ***Capacità termica di un corpo***

Si definisce **capacità termica** di un corpo il prodotto tra il calore specifico  $c$  e alla massa  $m$  del corpo:

$$C = m \cdot c$$

La capacità termica, quindi, non è altro che la quantità di calore necessaria per innalzare la temperatura di un corpo di  $1^{\circ}\text{C}$ . La sua unità di misura è:

$$J / \text{K}$$

### ***Legge fondamentale della calorimetria***

Riepilogando: se  $c$  è la quantità di calore necessaria ad aumentare di  $1^{\circ}\text{K}$  la temperatura di 1 kg di sostanza, quando abbiamo una massa di 2 kg di sostanza e vogliamo aumentare di  $1^{\circ}\text{K}$  la sua temperatura è chiaro che sarà necessaria una quantità di calore doppia ( $c \cdot 2$ ), se la massa del corpo è  $m$  la quantità di calore necessaria sarà:  $c \cdot m$ ; questo sempre per ottenere l'aumento di temperatura di  $1^{\circ}\text{K}$ .

Ma se noi vogliamo aumentare la temperatura di  $\Delta T$  gradi, la quantità di calore necessaria andrà moltiplicata ancora per  $\Delta T$ . Quindi per calcolare la quantità di calore necessaria ad aumentare di  $\Delta T$  gradi la massa  $m$  di un corpo dovremo scrivere:

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

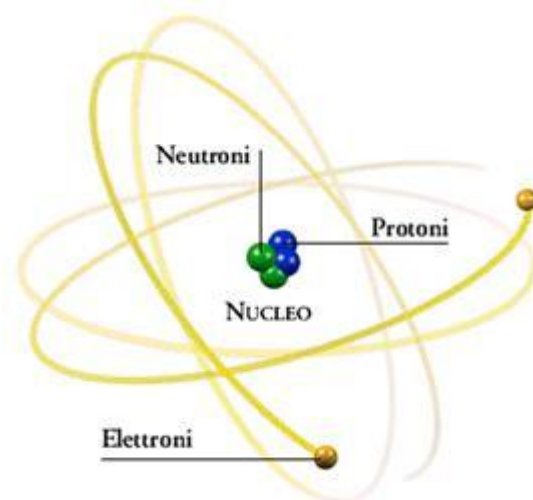
ma, sapendo che:  $C = c \cdot m$ , possiamo anche scrivere:

$$Q = C \cdot \Delta T$$

### ***Teoria cinetica della materia***

A livello microscopico la materia si presenta costituita da particelle (*atomi*) che compongono un corpo in modo discontinuo, per cui lo spazio occupato da un corpo è per la maggior parte vuoto. La materia che costituisce qualsiasi corpo è formata da aggregati di atomi, tenuti insieme da particolari forze di natura elettrica, questi aggregati prendono il nome di *molecole*.

**Atomi.** Gli atomi sono costituiti da un nucleo centrale contenente neutroni e protoni, intorno al quale si muovono gli elettroni.



Gli elettroni hanno carica elettrica negativa, i protoni hanno carica elettrica positiva, i neutroni hanno carica elettrica neutra. Per questo, il nucleo atomico, avente stesso numero di neutroni e protoni, è elettricamente positivo, mentre l'atomo in cui si abbia il medesimo numero di protoni ed elettroni è elettricamente neutro. In caso diverso, se il numero degli elettroni è maggiore di quello dei protoni, l'atomo assumerà carica elettrica negativa; se il numero degli elettroni è minore di quello dei protoni l'atomo assumerà carica elettrica positiva. In ciascuno di questi due casi, l'atomo prenderà il nome di "ione"; parleremo di ione negativo o anione nel primo caso, di ione positivo o catione nel secondo.

**Elementi.** Tutte le molecole sono formate da atomi di un numero limitato di elementi semplici. In natura esistono 92 elementi semplici a tutt'oggi conosciuti, che sono stati ordinati nella *tavola periodica degli elementi*.

L'elemento più semplice e più leggero è l'idrogeno; l'elemento più pesante è l'uranio.

Gli *elementi* presentano molecole formate da un numero limitato di atomi tutti uguali: la molecola di azoto è biatomica, cioè formata da due atomi di azoto, appunto, e si indica con la formula  $N_2$ . Gli elementi si distinguono dai cosiddetti composti che sono sostanze in cui le molecole risultano costituite da più atomi diversi tra loro. Un esempio tipico di composto è l'acqua la cui molecola è costituita da due atomi di idrogeno ed uno di ossigeno. La sua formula molecolare è perciò:  $H_2O$ .

La *materia* è tutto ciò che è composto di atomi. La materia che osserviamo è generalmente nella forma di composti chimici, di polimeri, leghe o elementi puri. E' materia tutto ciò che possiamo conoscere.

### ***La relazione tra calore e temperatura***

Somministrando energia sotto forma di calore ad un corpo questa viene assorbita dalle molecole e trasformata in energia di movimento (energia cinetica); esiste quindi una diretta correlazione tra la *temperatura* (manifestazione macroscopica) di un corpo e l'*agitazione molecolare* (manifestazione microscopica).

E' come se le molecole si cibassero di calore, più gliene diamo più energia acquistano per muoversi velocemente, è un moto di agitazione che determina urti e conseguente aumento di temperatura del corpo.

**Proprietà della materia.** Lo studio della materia si basa sull'analisi delle sue proprietà/ caratteristiche microscopiche misurabili, come la massa, il volume, il peso, la densità (rapporto massa/volume), la temperatura, l'energia, la durezza, il colore, l'odore, la conducibilità elettrica, lo stato fisico (solido, liquido o aeriforme). Le proprietà della materia sono suddivise in:

- **Proprietà intensive.** Le proprietà intensive sono quelle a cui si fa più ricorso per identificare le sostanze e i diversi tipi di materia. Sono indipendenti dalla quantità del campione di materia preso come riferimento (es. colore, conducibilità, ecc.)
- **Proprietà estensive.** Le proprietà estensive sono quelle che dipendono dalla quantità (o estensione) del campione della materia preso come riferimento (es. volume, peso, massa, energia, ecc.).

### ***Trasmissione del calore***

Per *trasmissione del calore* (o scambio termico) si intende il trasferimento di calore (ovvero energia termica) tra due sistemi, che è causato da una *differenza di temperatura* tra i due sistemi in questione. Se durante tale processo non viene prodotto calore (ad esempio attraverso reazioni

chimiche), il calore ceduto da un sistema viene acquistato dal secondo sistema, in accordo con la legge di conservazione dell'energia.

I processi di scambio termico sono generalmente classificati in tre categorie: conduzione, convezione e irraggiamento.

#### – **Conduzione**

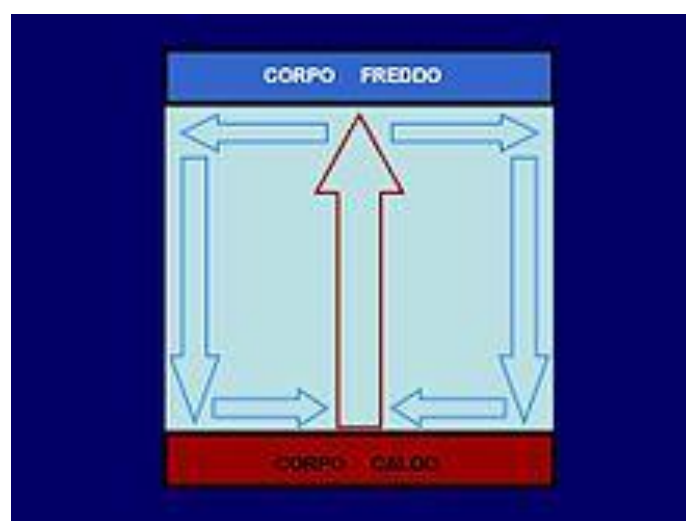
La *conduzione* è il processo che si attua per lo più in un mezzo solido nel momento in cui, a causa di una differenza di temperatura, viene provocato un trasferimento di energia cinetica da una molecola a velocità di vibrazione elevata a quella adiacente che possiede una velocità di vibrazione minore, essendo la velocità di vibrazione delle particelle indice della temperatura del corpo.

Si ha in questo modo un trasferimento di energia per urto, sotto l'influenza del gradiente di temperatura (variazione della temperatura lungo una direzione), senza uno spostamento di particelle, dunque il mezzo in cui avviene conduzione rimane nella condizione di quiete.

#### – **Convezione**

La *convezione termica* avviene solamente in presenza di un fluido, ad esempio aria o acqua. Tale fluido, a contatto con un corpo la cui temperatura è maggiore di quella dell'ambiente che lo circonda, si riscalda e, per l'aumento di temperatura subito, si espande (nella maggior parte dei casi).

Il fluido caldo, a causa della dilatazione termica (espansione), diventa più leggero dello stesso fluido freddo e tende a galleggiare su quest'ultimo. Contemporaneamente il fluido più freddo scende e prende il posto di quello più caldo che sale; in questo modo si instaura un moto cosiddetto convettivo, che provoca la miscelazione del fluido.



Per esempio supponiamo di avere un sistema isolato dall'esterno costituito da due corpi aventi temperature differenti, l'uno al di sopra dell'altro, divisi da uno strato di acqua, che, come vedremo, svolgerà la funzione del sopraccitato fluido. Supponendo che venga posto in superficie il corpo più

freddo, siccome l'acqua calda tende a salire e l'acqua fredda a scendere (per la diversa densità), si sviluppa un moto convettivo per cui nella zona centrale l'acqua riscaldata si sposta verso il corpo caldo e verso il corpo freddo, mentre nelle zone più esterne si ha un movimento verso il basso dell'acqua che, raffreddata per il contatto con il corpo freddo, si dirige verso quello caldo.

Si avrebbe una situazione molto diversa nel caso in cui i due corpi venissero invertiti, ossia se il corpo a temperatura maggiore fosse posto in superficie ed il corpo a temperatura minore sotto lo strato d'acqua: in questo caso non si avrebbe nessun moto convettivo, ma l'acqua rimarrebbe ferma trasferendo calore dal corpo più caldo a quello più freddo solo per conduzione.

Si è fino ad ora descritta la convezione libera o naturale. La convezione può anche essere forzata, vale a dire che in alcuni casi, per scopi pratici, il moto del fluido può essere obbligato da ventole o pompe. Vi sono molteplici esempi pratici di convezione forzata, basti pensare alla caldaia di un termosifone che provoca la circolazione di un fluido, di solito acqua o aria, in modo da riscaldare le stanze della casa, oppure alla ventola usata per raffreddare la cpu di un computer.

### – ***Irraggiamento***

*Irraggiamento o radiazione termica* è il termine usato per indicare la radiazione elettromagnetica emessa dalla superficie di un corpo che si trova ad una certa temperatura. Tutti gli oggetti emettono radiazioni elettromagnetiche, che sono frutto dell'eccitazione termica della superficie del corpo, legata alla condizione energetica dei suoi atomi (l'irraggiamento è tanto più intenso quanto maggiore è la temperatura dell'oggetto stesso), e viene emessa in tutte le direzioni; quando il mezzo trasmissivo risulta essere sufficientemente trasparente a tale radiazione, nel momento in cui essa colpisce un altro corpo, parte viene riflessa e parte assorbita. Tra i due corpi si stabilirà un continuo scambio di energia, con uno scambio netto di calore dal corpo più caldo al corpo più freddo.

Può anche non esservi un mezzo di trasmissione, in quanto l'irraggiamento è l'unica modalità di scambio termico che avviene anche nel vuoto, basti pensare alla radiazione solare.

### ***I passaggi di stato***

I corpi si possono presentare nello stato *solido*, *liquido* o *aeriforme* (gas).

Lo stato di aggregazione di un corpo non è una sua caratteristica immutabile ma può cambiare variando le condizioni in cui esso si trova.

È possibile osservare la rappresentazione degli stati di aggregazione anche a livello microscopico.

Riscaldando una sostanza allo stato solido possiamo provocare la *fusion*e (un cubetto di ghiaccio lasciato a temperatura ambiente) e continuando il riscaldamento del liquido ne otteniamo la *vaporizzazione*.



Il passaggio di stato che si verifica invece raffreddando un gas è la *condensazione* (il vapore acqueo che d'inverno condensa sui vetri freddi) e continuando a raffreddare il liquido ne otteniamo la *solidificazione* (formazione dei cubetti di ghiaccio nel freezer). Alcune sostanze hanno la capacità di passare direttamente dallo stato solido allo stato gassoso tramite la *sublimazione* e dallo stato gassoso direttamente allo stato solido tramite il *brinamento*.

I passaggi di stato sono *trasformazioni fisiche e non chimiche* poiché la materia non cambia la sua composizione chimica ma solo il modo in cui ci appare (ghiaccio, acqua e vapore acqueo ci appaiono differenti ma sono tutti costituiti dallo stesso tipo di particelle).

