

# TERMODINAMICA 3

## CAMBIAMENTI DI STATO, CALORE ED ENERGIA

La materia passa da uno stato all'altro (si dice anche cambiamento di fase) all'aumentare (o diminuire) della temperatura. I cambiamenti di stato possibili sono:

- da solido a liquido: **fusione o liquefazione**
- da liquido a gas: **evaporazione**
- da gas a liquido: **condensazione**
- da liquido a solido: **congelamento**
- da solido a gas: **sublimazione**
- da gas a solido: **brinamento**
- da gas a plasma: **ionizzazione**
- da plasma a gas: **ricombinazione**

### *Temperatura critica*

La *temperatura critica* a cui avviene un cambiamento di stato dipende anche dalla pressione e si trova tabulata, tipicamente a pressione atmosferica, per ogni dato materiale. Una proprietà importante è che durante un passaggio di stato la temperatura non cambia da quella critica fino al completamento del passaggio di stato. Ad esempio, riscaldando del ghiaccio d'acqua quando la temperatura arriva a 0°C (temperatura critica per la fusione alla pressione atmosferica) esso inizia a fondere formando una miscela di ghiaccio ed acqua che rimane a 0°C fino a quando tutto il ghiaccio non si è completamente fuso.

### *Calore*

Nel riscaldamento/raffreddamento di una certa sostanza, per esempio a contatto con una fiamma accesa o dentro un frigorifero, l'aumento/diminuzione di temperatura (e quindi di energia cinetica media) avviene per cessione dal corpo più caldo a quello più freddo di energia. Tale cessione di energia viene chiamata **calore  $Q$**  e si misura in *Joule (J)* oppure, storicamente, in *cal* (caloria,  $1 \text{ cal} = 4.186\text{J}$ ).

Convenzionalmente se  $Q$  è positivo si intende che il calore è assorbito dalla data sostanza e se invece è negativo si tratta di calore ceduto.

### *Passaggio di calore*

Il passaggio di calore da un corpo caldo ad uno freddo può avvenire nei seguenti modi:

- per **conduzione**, cioè per scontro fra le molecole più veloci del corpo caldo e quelle più lente del corpo freddo: le molecole veloci cedono energia cinetica a quelle più lente;
- per **convezione**, che avviene per spostamento dovuto alla spinta di Archimede (quindi in presenza di gravità) di zone già riscaldate, e quindi meno dense, verso zone superficiali più fredde;
- per **irraggiamento**, che avviene per assorbimento di onde elettromagnetiche emesse dal corpo più caldo.

In genere la conduzione è più lenta della convezione: per scaldare della pasta in una pentola senza la convezione ci vorrebbe molto più tempo.

### *Calore latente*

Nel caso dei passaggi di stato ci si può quindi chiedere qual'è il calore (energia) necessaria a far passare di stato una certa quantità di una data sostanza. Questa quantità si chiama **calore latente** (di fusione, di evaporazione etc)  $\Gamma$  (lettera greca *gamma* maiuscola) e si trova tabulato, tipicamente a pressione atmosferica, per ogni dato materiale. Il calore latente si misura in  $J/kg$  (oppure  $cal/kg$ ) e sta quindi a significare quanti Joule sono necessari a far fondere un  $kg$  di una certa sostanza solida, per esempio, o, viceversa, quanti  $J$  vengono rilasciati nell'ambiente nel congelamento di un  $kg$  di un certo liquido.

### *Calore specifico*

A temperature distanti dalle temperature critiche, invece, il riscaldamento/raffreddamento di una data sostanza avviene in genere (con la sola importante eccezione dei gas perfetti) con efficienza diversa a seconda del materiale. Si parla di **calore specifico**  $c$  di una sostanza, che si trova tabulato tipicamente a pressione atmosferica, e si misura in  $J/(kg K)$  e rappresenta l'energia in  $J$  necessaria a far aumentare di 1 grado Kelvin (o Celsius) un  $kg$  della data

sostanza. Viceversa, se la sostanza si sta raffreddando rappresenta l'energia rilasciata da 1 kg di sostanza quando la temperatura scende di un grado.

### Temperatura di equilibrio

Miscelando sostanze diverse, per esempio due liquidi, a temperature diverse, la sostanza più calda cederà calore alla sostanza più fredda fino a che i liquidi si portino alla stessa **temperatura di equilibrio** (principio zero della termodinamica). Assumendo che i due liquidi siano miscelati in un contenitore isolante termico (un *calorimetro*), sapendo la massa e la temperatura iniziale delle due sostanze e i calori specifici di entrambe si può determinare la temperatura di equilibrio  $T_{eq}$  semplicemente uguagliando il calore assorbito dalla sostanza fredda  $Q_1 = c_1 m \Delta T = c_1 m (T_{eq} - T_1)$  col calore ceduto dalla sostanza calda  $Q_2 = -c_2 m \Delta T = -c_2 m (T_{eq} - T_2)$  (il segno meno tiene conto della convenzione sui segni discussa prima). Risulta quindi:

$$T_{eq} = \frac{c_1 m T_1 + c_2 m T_2}{c_1 m + c_2 m}$$

In alternativa, sapendo  $T_{eq}$  si può determinare dalla medesima uguaglianza il calore specifico di una sostanza ignota immersa in una sostanza nota:

$$c_1 = \frac{c_2 m_2 (T_2 - T_{eq})}{m_1 (T_{eq} - T_1)}$$