

## Approfondimento

# Le trasformazioni chimiche cambiano l'energia interna

## Trasformazioni di energia nei passaggi di stato

Quando cambia lo stato di aggregazione di una sostanza si modifica l'intensità delle forze tra le particelle che la costituiscono. Infatti, come sappiamo, nei passaggi di stato varia la libertà di movimento delle particelle e cambia anche la loro posizione reciproca; di conseguenza si ha una variazione dell'energia chimica della sostanza.

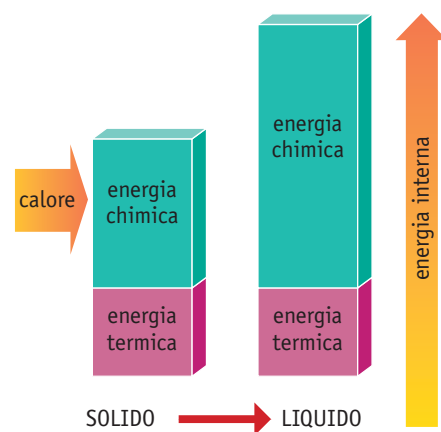
Consideriamo una sostanza allo stato solido, per esempio un cristallo di cloruro di sodio: esso ha una forma propria perché tra gli ioni che lo costituiscono ci sono forze che ne impediscono lo spostamento. Ebbene, la fusione è il fenomeno associato alla rottura di queste forze: per ottenere questo risultato occorre scaldare il cristallo cioè fornire calore al sistema.

Sappiamo già che durante la fusione di una sostanza la sua temperatura resta costante e quindi non cambia il suo patrimonio di energia termica; questo fatto, tenendo conto del principio di conservazione dell'energia, ci porta a una importante conclusione di carattere generale: *il calore assorbito da una sostanza durante la fusione si trasforma in energia chimica* (figura ►1).

L'energia chimica di una sostanza aumenta anche durante l'evaporazione e la sublimazione, processi in cui il sistema assorbe calore.

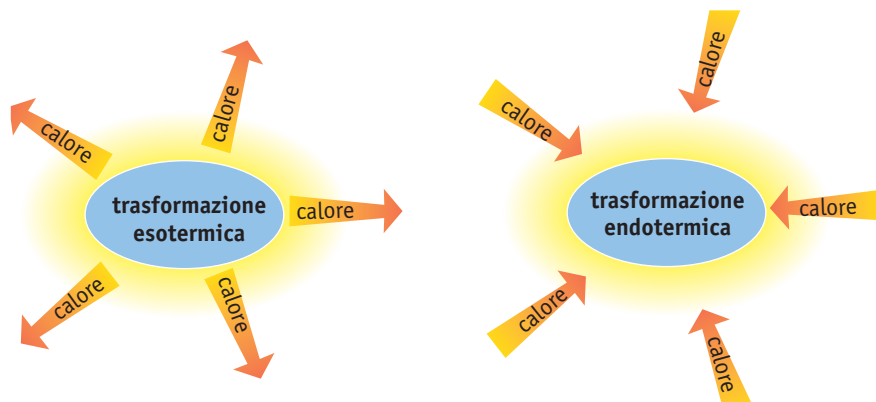
Viceversa, gli altri passaggi di stato (condensazione, solidificazione, brinamento) comportano sempre una diminuzione dell'energia chimica della sostanza. Questo fatto consente di spiegare perché durante la solidificazione la temperatura di una sostanza resta costante: una parte di energia chimica del sistema si trasforma in energia termica che va a compensare il calore ceduto all'ambiente durante il raffreddamento.

Queste considerazioni sulle trasformazioni di energia che accompagnano i cambiamenti di stato consentono di sottolineare una conclusione che riguarda tutte le trasformazioni.



▲ **Figura 1**  
 Durante la fusione la temperatura resta costante perché il sistema trasforma l'energia termica assorbita sotto forma di calore in una uguale quantità di energia chimica. Ovviamente l'energia interna del sistema aumenta.

Sono dette **trasformazioni endotermiche** tutte le trasformazioni di un sistema che avvengono con assorbimento di calore dall'ambiente e sono dette **trasformazioni esotermiche** quelle che avvengono con liberazione di calore nell'ambiente.



## Trasformazioni di energia nelle dissoluzioni

Quando una sostanza si scioglie in un liquido la temperatura del sistema generalmente cambia e talvolta la variazione di temperatura può essere così marcata da essere apprezzata dai nostri sensi.

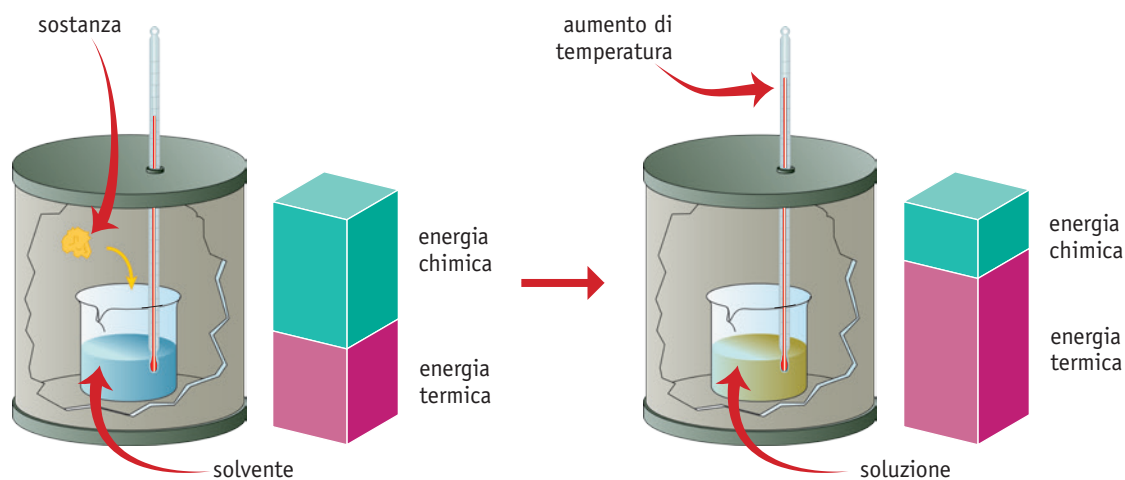
## Approfondimento

Per spiegare le ragioni di questo fenomeno dobbiamo sapere come variano le due forme di energia interna nel corso di una dissoluzione; a tal fine conviene immaginare che la trasformazione avvenga in un sistema isolato. Innanzitutto occorre tener presente che in queste trasformazioni il sistema è formato da due sostanze: prima della trasformazione le sostanze sono separate e quindi l'energia interna del sistema corrisponde alla somma dell'energia interna di ciascuna sostanza. A seguito della dissoluzione cambiano le posizioni reciproche delle particelle: ciò è dovuto alla rottura dei legami tra le particelle delle sostanze e alla formazione di nuove forze di interazione tra le particelle del soluto e quelle del solvente. Di conseguenza il patrimonio di energia chimica del sistema non è più quello di prima e quindi, dato che in un sistema isolato l'energia interna rimane costante, anche l'energia termica deve cambiare.

Se a seguito della dissoluzione l'energia chimica aumenta deve necessariamente diminuire l'energia termica e quindi si osserva che il sistema si raffredda: il processo è endotermico.

Viceversa nelle dissoluzioni che comportano una diminuzione dell'energia chimica aumenta l'energia termica e il sistema si riscalda: il processo è esotermico (figura ►2).

▼ **Figura 2**  
 Rappresentazione della distribuzione dell'energia interna a seguito di una dissoluzione esotermica che avviene in un sistema isolato: l'energia termica aumenta a scapito dell'energia chimica.



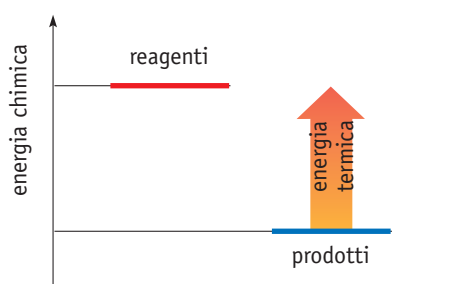
Nella realtà i sistemi non sono mai isolati; per esempio, nelle dissoluzioni esotermiche la temperatura del sistema in un primo tempo aumenta poi il sistema cede calore fino a raggiungere l'equilibrio termico con l'ambiente. A questo punto la temperatura del sistema si è riportata al valore iniziale e di conseguenza anche il patrimonio di energia termica del sistema è quello precedente alla trasformazione. Ne consegue che l'esito finale di una dissoluzione esotermica (cessione di calore all'ambiente) consiste in una diminuzione dell'energia chimica del sistema e quindi anche della sua energia interna.

### ■ Trasformazioni di energia nelle reazioni chimiche

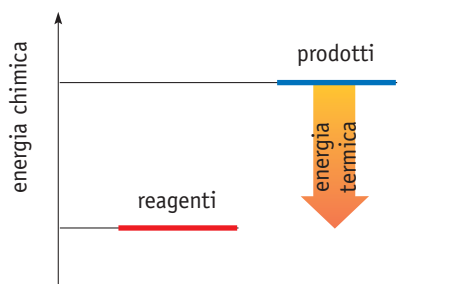
Come sappiamo, le reazioni chimiche modificano le sostanze che costituiscono un sistema e questo fatto determina inevitabilmente anche un cambiamento del suo patrimonio di energia chimica. L'energia chimica del sistema prima della reazione corrisponde alla somma dell'energia chimica di tutte le sostanze reagenti. L'energia chimica del sistema al termine della reazione corrisponde a quella delle sostanze prodotte e può accadere che essa sia maggiore o minore di quella delle sostanze reagenti.

Anche in questo caso la valutazione dell'effetto energetico complessivo della trasformazione risulta più semplice se immaginiamo che la trasformazione

## Approfondimento



Ogni volta che in una reazione si ha una diminuzione dell'energia chimica del sistema, si ha un aumento della sua energia termica: **reazione esotermica**.



Ogni volta che in una reazione si ha un aumento dell'energia chimica del sistema, si ha una diminuzione della sua energia termica: **reazione endotermica**.

◀ **Figura 3**  
 Rappresentazione della variazione di energia chimica nelle reazioni esotermiche ed endotermiche quando avvengono in un sistema isolato.

avvenga in un sistema isolato. Come si può vedere dalle rappresentazioni della figura ▶3, nelle *reazioni esotermiche* l'energia chimica del sistema diminuisce mentre nelle *reazioni endotermiche* l'energia chimica aumenta.

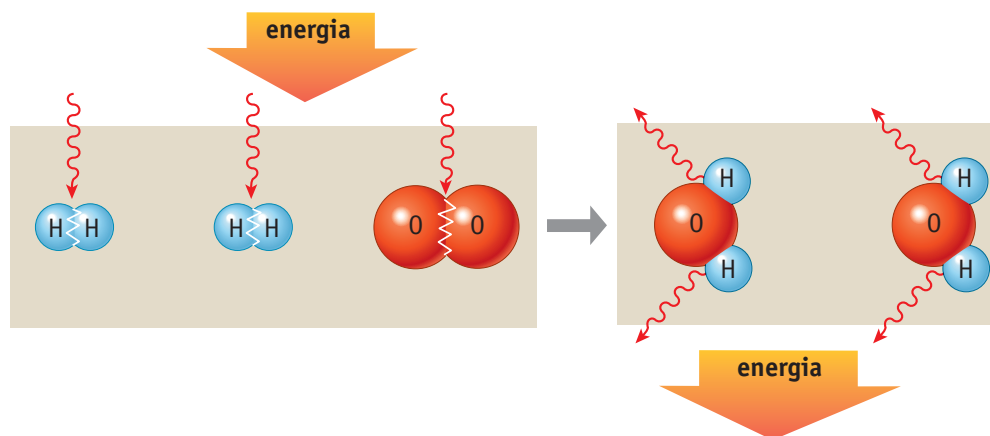
Se, come accade nella realtà, il sistema non è isolato, la quantità di energia termica liberata (o assorbita) dal sistema viene scambiata (ceduta o assorbita) con l'ambiente: possiamo comunque affermare che nelle trasformazioni esotermiche l'energia chimica del sistema diminuisce sempre mentre in quelle endotermiche essa aumenta sempre.

È importante ricordare che esistono numerose reazioni in cui l'energia chimica non viene trasformata in energia termica, o almeno non completamente. Per esempio, nelle pile avvengono reazioni che trasformano energia chimica in energia elettrica e sono note non poche reazioni che liberano energia radiante.

Proprio perché l'energia chimica può trasformarsi in forme di energia differenti da quella termica, si usa in generale l'espressione *reazioni esoenergetiche*. In modo analogo, si chiamano *reazioni endoenergetiche* quelle in cui un sistema assorbe una qualche forma di energia per trasformarla in energia chimica (figura ▶4).

Vediamo ora come si può interpretare l'effetto energetico di una reazione chimica.

Come sappiamo, nelle reazioni chimiche alcuni legami presenti tra gli atomi dei reagenti si rompono e si formano altri legami che danno vita ai prodotti. Per rompere un legame chimico occorre fornire energia, mentre quando il legame si forma il sistema libera energia. Le reazioni esotermiche sono quelle in cui l'energia utilizzata dal sistema per rompere i legami nelle particelle dei reagenti è minore di quella che si ottiene nella formazione dei nuovi legami nelle particelle dei prodotti. Viceversa, nelle reazioni endotermiche l'energia utilizzata dal sistema per rompere i legami nelle particelle dei reagenti è maggiore dell'energia liberata nella formazione dei legami nelle particelle dei prodotti (figura ▶5).



▲ **Figura 4**  
 In una reazione endoenergetica i reagenti possiedono meno energia chimica dei prodotti: il sistema deve trasformare altre forme di energia in energia chimica. Per altre forme si intende energia termica, energia elettrica, energia luminosa, eccetera. Per esempio, durante la ricarica di una pila, l'energia elettrica fornita viene convertita in energia chimica.

◀ **Figura 5**  
 Rappresentazione dell'energia in gioco nella reazione di combustione dell'idrogeno. Per rompere i legami tra gli atomi nelle molecole dei reagenti occorre fornire energia. Nella formazione dei legami tra gli atomi nelle molecole di acqua si libera energia. Questo bilancio molto favorevole all'energia in uscita spiega perché la reazione di combustione dell'idrogeno è fortemente esotermica.