

Materia, energia, temperatura e calore

1. Materia ed energia

Quelli di **materia** ed **energia** sono concetti molto importanti nella Chimica, poiché tale disciplina si occupa delle *trasformazioni che la materia subisce e dei relativi aspetti energetici*. Le teorie moderne ritengono che la materia e l'energia siano le due facce di una stessa medaglia, o meglio che la materia sia un «contenitore di energia». Prove sperimentali negli acceleratori di particelle dimostrano che se la materia si scontra con l'antimateria se ne ha la disintegrazione totale, con la trasformazione integrale della materia in energia. Di seguito diamo le definizioni introduttive di materia ed energia e di altri concetti a loro affini.

1.1. Materia

La materia è composta da **atomi**; questi ultimi sono le unità fondamentali della Chimica, in quanto sono essi i principali protagonisti delle reazioni chimiche. La combinazione degli atomi porta alla formazione di **molecole semplici** dette anche **composti**, e di **molecole complesse** come i **polimeri**. Di tutti questi argomenti daremo una trattazione più approfondita nel seguito del testo, per ora ci basta dare delle semplici definizioni. La materia si presenta sotto forma di **corpi materiali**: è tutto ciò che ci circonda e può essere definito con un sistema tridimensionale. Un corpo solido, per esempio, possiede un'altezza, una larghezza e una profondità. In generale possiamo dire che un corpo materiale è una generica quantità di materia dotata di confini ben definiti, in modo tale da poterlo distinguere dall'ambiente esterno. L'ambiente esterno, invece, è tutto ciò che circonda il corpo materiale.



FIGURA 1 Pesì di varia massa

1.2. Massa e peso

Un corpo materiale è dotato di una certa **massa**, che corrisponde alla quantità di materia posseduta dal corpo stesso. Un corpo integro quindi possiede un numero di atomi costante. Questo significa che la massa è una caratteristica universale, nel senso che un corpo materiale conserva inalterata la propria massa e conserva inalterato il proprio numero di atomi in ogni luogo dell'Universo. Nella pratica quotidiana spesso tendiamo a confondere la massa con il peso, ma nel campo scientifico vi è una sostanziale differenza. Il **peso** è una forza (**$P = m \cdot g$** dove **m** è la massa e **g** è l'accelerazione di gravità). L'accelerazione di gravità non è costante, infatti diminuisce all'aumentare dell'altitudine, varia da pianeta a pianeta e nello spazio interplanetario è praticamente nulla. Ad esempio se un corpo sulla Terra ha un peso di 90 N (newton), sulla Luna, dove l'accelerazione di gravità è circa 1/6, sarà di circa 15 N. Il peso viene espresso in fisica con le seguenti unità di misura:

$$P = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} = \text{N}$$

Dove **N** è il simbolo del newton nel Sistema Internazionale.

L'antimateria

La materia che conosciamo e di cui siamo anche composti è formata da atomi. Questi atomi, come vedremo, sono formati da particelle ancora più piccole: i protoni portanti carica positiva e gli elettroni portanti carica negativa. Gli atomi dell'antimateria sono invece composti da antiprotoni portanti carica negativa e antielettroni portanti carica positiva. Per qualche ancora oscura ragione a un certo punto della storia materia e antimateria si sono separate e la materia nell'universo che conosciamo ha preso il sopravvento. L'antimateria si può produrre ad altissimi costi negli acceleratori di particelle.

1.3. Il volume

Il volume è lo spazio occupato da un corpo. Nel S.I. si misura in **m³ (metro cubo)**. Un metro cubo è una quantità molto grande, che corrisponde a 1.000 litri. Per questo motivo in Chimica si impiegano unità di misura tecniche come i litri (dm³) e i millilitri (cm³).

1.4. La pressione

La pressione è la forza esercitata sull'unità di superficie. Nel Sistema Internazionale viene misurata in **pascal** (1 Pa = 1 N/m², newton su metro quadrato). Il pascal è una unità di misura molto piccola e in Chimica spesso viene utilizzata come unità di misura l'**atmosfera** (1 atm = 101.325 Pa).

1.5. Energia

La trasformazione della materia implica anche una trasformazione energetica. Dare una definizione accurata del concetto di energia è molto complicato. Possiamo dire, per semplificare le cose, che essa è la **capacità che ha un corpo di produrre lavoro**. Il valore numerico (modulo) dell'energia si calcola con la seguente relazione:

$$E = F \cdot l$$

Dove **F** è la forza (in newton) e **l** lo spostamento (in metri).

L'energia nel Sistema Internazionale si esprime in **joule** (kg • m² / s²).

L'energia può essere **potenziale** o **cinetica**. L'energia potenziale è l'energia che il corpo materiale possiede quando è in quiete rispetto alla sua posizione nello spazio. L'energia potenziale si calcola con la seguente relazione:

$$E_{\text{pot}} = mgh$$

Dove **m** è la massa, **g** è l'accelerazione di gravità (a livello del mare 9,8 m/s²) e **h** è l'altezza di un corpo rispetto a un'altezza zero di riferimento.

L'energia cinetica invece è l'energia del corpo in movimento e il suo valore numerico è dato dalla relazione:

$$E_{\text{cin}} = \frac{1}{2}mv^2$$

Dove **m** è la massa e **v** la velocità.

TABELLA 1 Fattori di conversione tra le unità di energia

	british thermal unit (BTU)	erg	piede per libra (ft • lb)	cavallo vapore ora (hp • h)	joule (J)	calorie (cal)	chilowattora (kWh)	elettron volt (eV)	megaelettron-volt (MeV)
1 british thermal unit (BTU)	1	$1,055 \cdot 10^{10}$	777,9	$3,929 \cdot 10^{-4}$	1.055	252	$2,930 \cdot 10^{-4}$	$6,585 \cdot 10^{21}$	$6,585 \cdot 10^{15}$
1 erg	$9,481 \cdot 10^{-11}$	1	$7,376 \cdot 10^{-7}$	$3,725 \cdot 10^{-14}$	$1 \cdot 10^{-7}$	$2,388 \cdot 10^{-8}$	$2,778 \cdot 10^{-14}$	$6,242 \cdot 10^{11}$	$6,242 \cdot 10^5$
1 piede per libra (ft • lb)	$1,285 \cdot 10^{-3}$	$1,356 \cdot 10^7$	1	$5,051 \cdot 10^{-7}$	1.356	0,3238	$3,766 \cdot 10^{-7}$	$8,464 \cdot 10^{18}$	$8,464 \cdot 10^{12}$
1 cavallo vapore ora (hp • h)	2.545	$2,685 \cdot 10^{13}$	$1,980 \cdot 10^6$	1	$2,685 \cdot 10^6$	$6,413 \cdot 10^5$	0,7457	$1,676 \cdot 10^{25}$	$1,676 \cdot 10^{19}$
1 joule (J)	$9,481 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^7$	0,7376	$3,725 \cdot 10^{-7}$	1	0,2388	$2,778 \cdot 10^{-7}$	$6,242 \cdot 10^{18}$	$6,242 \cdot 10^{12}$
1 caloria cal)	$3,969 \cdot 10^{-3}$	$4,187 \cdot 10^{-7}$	3,088	$1,560 \cdot 10^{-6}$	4,187	1	$1,163 \cdot 10^{-6}$	$2,614 \cdot 10^{19}$	$2,614 \cdot 10^{13}$
1 chilowattora (kWh)	3.413	$3,6 \cdot 10^{13}$	$2,655 \cdot 10^6$	1,341	$3,6 \cdot 10^6$	$8,598 \cdot 10^5$	1	$2,247 \cdot 10^{25}$	$2,247 \cdot 10^{19}$
1 elettron volt (eV)	$1,519 \cdot 10^{-22}$	$1,602 \cdot 10^{-12}$	$1,182 \cdot 10^{-19}$	$5,967 \cdot 10^{-26}$	$1,602 \cdot 10^{-19}$	$3,826 \cdot 10^{-20}$	$4,450 \cdot 10^{-26}$	1	$1 \cdot 10^{-6}$
1 megaelettronvolt (MeV)	$1,519 \cdot 10^{-16}$	$1,602 \cdot 10^{-6}$	$1,182 \cdot 10^{-13}$	$5,967 \cdot 10^{-20}$	$1,602 \cdot 10^{-13}$	$3,826 \cdot 10^{-14}$	$4,450 \cdot 10^{-20}$	$1 \cdot 10^6$	1

**FIGURA 2** Una navicella spaziale**FIGURA 3** La partenza di un razzo libera una quantità enorme di energia**FIGURA 4** Energia altamente distruttiva: un'esplosione nucleare

2. Temperatura e calore

La **temperatura** è lo **stato termico di un corpo**, ovvero è un parametro che ci indica lo stato dell'energia cinetica posseduta dalle particelle che lo compongono. Infatti maggiore è la temperatura di un corpo e maggiori sono i moti vibrazionali degli atomi o delle molecole che lo compongono.

La scala termometrica più diffusa al mondo è la **scala Celsius** o **centigrada**. Questa venne realizzata con un semplice esperimento:

- si introdusse del mercurio (**Hg**) in un tubicino di vetro col fondo chiuso;
- il tubicino con il mercurio venne dapprima posto in un contenitore di ghiaccio di acqua distillata fondente;
- il ghiaccio fondente abbassò la temperatura del mercurio ottenendo la sua contrazione;
- venne segnato il punto di massima contrazione;
- successivamente lo stesso tubicino venne posto in un contenitore di acqua distillata all'ebollizione;
- il mercurio, scaldandosi, si dilatò e venne segnato il punto di massima dilatazione.

La distanza tra i due punti venne divisa in 100 parti uguali (centigrada) assegnando al valore più basso (ghiaccio fondente) lo 0 e al punto più alto (acqua bollente) il 100 della scala.

Nel Sistema Internazionale la temperatura si misura in **kelvin**. La scala kelvin parte dallo zero assoluto che corrisponde a $-273,15^{\circ}\text{C}$, quindi ad esempio 25°C sono 298,15 kelvin ($273,15 + 25$). Lo zero assoluto è la temperatura più bassa che possa esistere, non è stata mai raggiunta e, secondo le previsioni teoriche fatte da Einstein, non si potrà mai raggiungere. A questa temperatura, secondo le moderne teorie, le particelle che compongono la materia sono completamente ferme. Le formule di conversione da gradi Celsius a gradi Kelvin e viceversa sono:

$$K = ^{\circ}\text{C} + 273,15$$

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

Una delle forme che può assumere l'energia è il **calore**, che si trasferisce naturalmente dal corpo più caldo a quello più freddo. In realtà «caldo» e «freddo» sono nostre sensazioni, quindi più correttamente possiamo dire che **il calore si trasferisce spontaneamente dal corpo o ambiente a temperatura maggiore al corpo o ambiente a temperatura minore**.

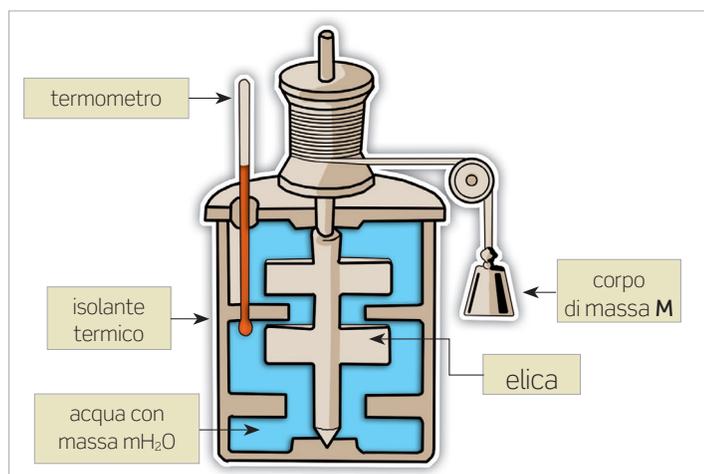


FIGURA 5 Schema dell'esperimento di Joule

Il calore è una forma degradata di energia, perché rispetto alle altre forme di energia si trasforma con più difficoltà in lavoro.

Il calore spesso è misurato con unità di misure tecniche, come le calorie o le chilocalorie. La **caloria** è la quantità di calore che occorre fornire a un grammo d'acqua affinché passi da $14,5^{\circ}\text{C}$ a $15,5^{\circ}\text{C}$. Una **chilocaloria (kcal)** corrisponde alla quantità di calore che serve per portare un chilogrammo (kg) di acqua da $14,5^{\circ}\text{C}$ a $15,5^{\circ}\text{C}$. Ogni sostanza ha il suo calore specifico (**Cs**) che corrisponde alla quantità di calore (Q) che occorre fornire a un grammo (m) di sostanza per innalzare la sua temperatura di un grado centigrado, in un determinato intervallo di temperatura (Δt):

$$Cs = Q / m \cdot \Delta t \rightarrow Q = Cs \cdot m \cdot \Delta t$$

Con un semplice esperimento (FIGURA 5) James Prescott Joule, intorno al 1840, dimostrò l'equivalente meccanico della caloria, cioè a quanti joule corrisponde una caloria. L'esperimento consisteva nel misurare la variazione di temperatura che si registrava facendo ruotare, in una quantità pesata di acqua, un'elica mossa, con un sistema di ingranaggi e carrucole, dalla caduta di un corpo di massa nota.

L'energia sviluppata dalla rotazione dell'elica si calcola con la seguente formula:

$$E = m \cdot g \cdot h$$

dove **m** è la massa del corpo, **g** è l'accelerazione di gravità e **h** è il percorso della caduta del corpo. L'energia meccanica così trovata venne uguagliata al calore prodotto:

$$Q = m\text{H}_2\text{O} \cdot Cs\text{H}_2\text{O} \cdot \Delta t$$

Dove **mH₂O** è la massa dell'acqua, **CsH₂O** è il calore specifico dell'acqua (**1 cal / g • °C**) e **Δt** è la variazione di temperatura. Joule dimostrò così che:

$$1 \text{ cal} = 4,182 \text{ joule}$$

TABELLA 2 Calori specifici di alcune sostanze

Sostanza	Calore specifico cal/g•°C	Calore specifico J/g•°C
Alluminio	0,215	0,900
Carbonio	0,121	0,507
Rame	0,0923	0,386
Piombo	0,0305	0,128
Argento	0,0564	0,236
Tungsteno	0,0321	0,134