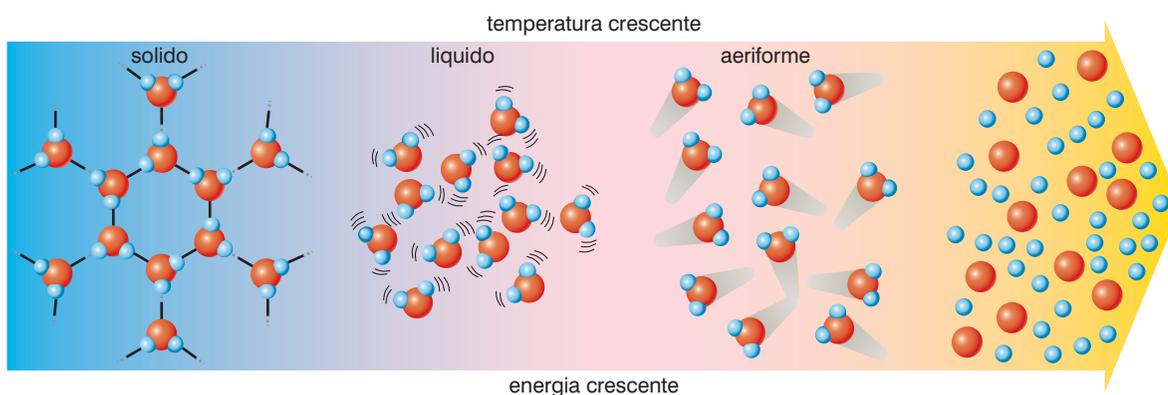


La teoria cinetico-molecolare e i passaggi di stato

Sappiamo che lo stato di aggregazione di un materiale dipende dalla temperatura a cui si trova. È possibile far variare tale stato fornendo o sottraendo calore. La teoria cinetico-molecolare ci consente ora di spiegare la particolarità delle osservazioni effettuate durante i passaggi di stato.

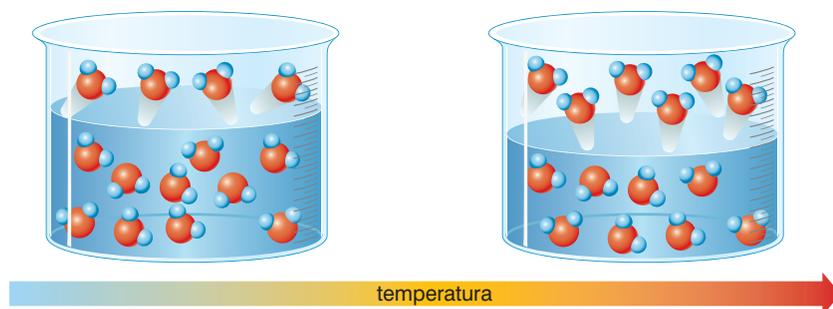
All'aumentare della temperatura si ha un aumento dell'energia interna. Crescono, pertanto, sia l'agitazione delle particelle sia la loro distanza media. Le forze attrattive, fra cariche opposte, che agiscono tra le particelle diventano molto più deboli all'aumentare della distanza che le separa; tali forze sono, infatti, più intense nei solidi, più blande nei liquidi e quasi trascurabili nei gas.

All'aumentare della temperatura, quindi, le particelle si svincolano dalle forze attrattive elettrostatiche e si assiste al passaggio da uno stato ordinato a uno stato via via più disordinato (figura 1).



Consideriamo l'acqua pura: alle temperature inferiori a 273 K (0 °C), le forze di coesione sono predominanti e l'acqua si trova allo stato solido. Aumentando la temperatura, le molecole acquistano energia; alla temperatura di fusione, cioè a 273 K, le molecole riescono a vincere le forze di coesione di natura elettrica che le tenevano disposte in modo ordinato nello spazio e si ha il passaggio allo stato liquido. Aumentando ancora la temperatura, le molecole di acqua si muovono, in media, sempre più velocemente; qualcuna di loro ha velocità così alta che, in corrispondenza della superficie, sfugge all'attrazione delle molecole sottostanti e passa allo stato di vapore (figura 2).

All'aumentare della temperatura aumenta, quindi, l'entità dell'evaporazione. Quando si raggiunge la temperatura di ebollizione (373 K, ovvero 100 °C), l'energia cinetica media delle molecole è così alta che il passaggio allo stato aeriforme non interessa soltanto la superficie, ma tutta la massa dell'acqua. L'ebollizione, a differenza dell'evaporazione, avviene, pertanto, in maniera tumultuosa e a una temperatura ben precisa.



Ricorda

All'aumentare della temperatura le particelle di un sistema sono soggette a forze attrattive più deboli.

Figura 1 Al crescere della temperatura l'acqua solida diventa prima liquida e poi vapore. Se la temperatura è molto alta le sue molecole si rompono.

Figura 2 Al crescere della temperatura, aumentano le molecole di acqua che hanno energia sufficiente a staccarsi dalle altre e passare allo stato di vapore.

CONFRONTA

Quali sono le somiglianze e quali le differenze tra energia potenziale ed energia cinetica a livello microscopico?

Passando dallo stato solido, a quello liquido e a quello aeriforme, si ha quindi un aumento del contenuto energetico della materia. Tale aumento è in generale, a parità di massa, più grande quando si passa dallo stato liquido a quello aeriforme rispetto a quando si passa dallo stato solido a quello liquido. Serve, infatti, molta energia affinché le particelle si allontanino l'una dall'altra di grandi distanze.

Sosta termica e calore latente

Le curve di raffreddamento e riscaldamento di sostanze pure sono caratterizzate da soste termiche, la cui lunghezza è tanto maggiore quanto più grande è la quantità di sostanza trattata. Durante il passaggio di stato, la temperatura resta costante anche se si continua a fornire o a sottrarre calore. Alla quantità di calore scambiata durante il passaggio di stato si dà il nome di calore latente; esso si misura in J/kg. *Latente* significa «che non si vede» (dal latino *latere*, «restare nascosto»): infatti lo scambio di calore non si manifesta con un aumento della temperatura. A ogni passaggio di stato corrisponde un ben specifico calore latente.

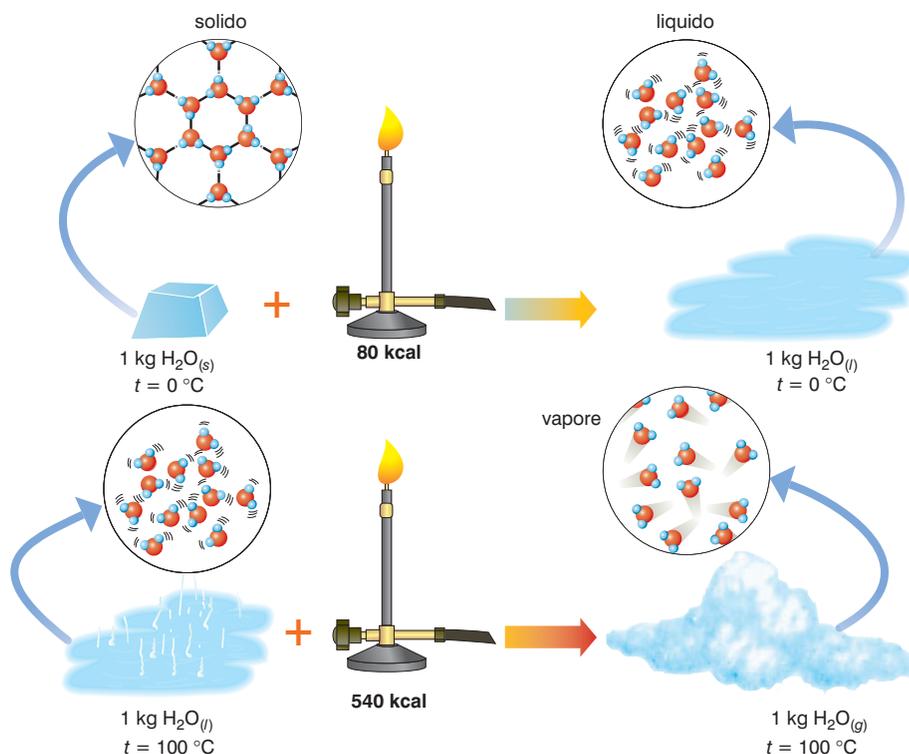
calore latente di fusione

Il calore latente di fusione è la quantità di energia necessaria per fondere completamente 1 kg di sostanza pura alla temperatura di fusione.

Nel caso dell'acqua esso corrisponde a 334 kJ/kg; ciò significa che per fondere 1 kg di ghiaccio occorrono 334 kJ (o 80 kcal), che possono essere forniti sotto forma di calore (per esempio con una fiamma), ma anche di lavoro (per esempio per strofinio). Si tratta di una considerevole quantità di energia, la stessa che serve a portare 1 kg di rame da 0 °C a 850 °C.

Il calore associato al passaggio dallo stato liquido a quello di vapore si chiama *calore latente di vaporizzazione*.

Figura 3 Il passaggio dallo stato liquido a quello aeriforme produce un maggior allontanamento delle molecole e richiede maggiore energia rispetto alla fusione.



Il calore latente di vaporizzazione è la quantità di energia necessaria per fare evaporare completamente 1 kg di sostanza, alla temperatura di ebollizione.

calore latente di vaporizzazione

Il calore latente di vaporizzazione dell'acqua è di 2260 kJ/kg (o 540 kcal); esso è circa sette volte maggiore di quello di fusione. Ciò significa che, per vaporizzare una certa quantità di acqua, occorre sette volte più energia che per fondere la stessa quantità di ghiaccio (figura 3). In generale, il calore latente di vaporizzazione di una qualsiasi sostanza pura è molto maggiore di quello di fusione.

Il calore latente di fusione, così come quello di vaporizzazione, è una proprietà intensiva della materia: entrambi sono spesso utilizzati per identificare le sostanze pure (tabella 1).

Tabella 1 Il calore latente di alcune sostanze.

Sostanza	Calore latente di fusione		Calore latente di vaporizzazione	
	kJ/kg	kcal/kg	kJ/kg	kcal/kg
acqua	334	80	2260	540
alcol etilico	104,5	25	878	210
etere etilico	97	23,2	355	85
alluminio	222	53,1	10534	2520
ferro	272	65	6688	1600
oro	67,3	16,1	1588	380
rame	209	50	4807	1150

Applicando la teoria cinetico-molecolare possiamo ora dare una spiegazione del calore latente. Durante il passaggio da solido a liquido, è necessario vincere le forze attrattive elettriche, che mantengono le particelle ben ordinate nel reticolo cristallino. Successivamente, durante il passaggio da liquido ad aeriforme, è necessario allontanare di molto le particelle. In entrambi i casi, il calore fornito durante il passaggio di stato incrementa l'energia potenziale delle particelle, che modificano la loro posizione reciproca. Resta invece costante la loro energia cinetica media, motivo per cui la temperatura non varia.

La grande differenza tra il calore latente di vaporizzazione e quello di fusione (figura 4) dipende dal fatto che è più difficile annullare le forze di coesione che agiscono tra le particelle di un liquido piuttosto che indebolire le

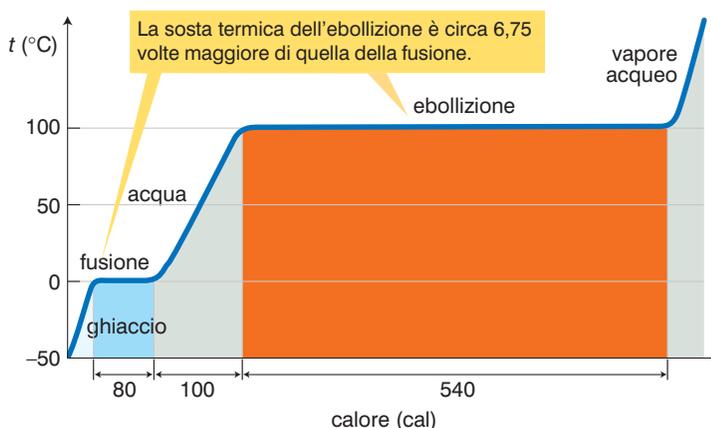
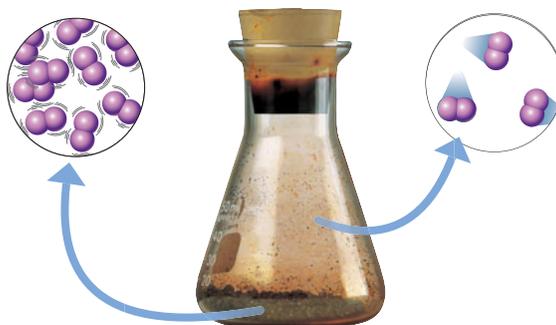


Figura 4 Confronto tra le soste termiche nella curva di riscaldamento dell'acqua.

forze di coesione di un solido. Esistono però alcuni solidi in cui le molecole sono così debolmente legate le une alle altre, che alcune si liberano dal reticolo cristallino e passano direttamente allo stato di aeriforme, cioè sublimano. È per questo motivo che percepiamo l'odore della naftalina e della canfora e che vediamo vapori violetti, intorno ai cristalli di iodio (figura 5).

Anche il ghiaccio può sublimare, sotto vuoto e quando la pressione è inferiore a 600 Pa. Questo fenomeno è sfruttato nella liofilizzazione: durante tale processo le molecole di acqua, sublimando, abbandonano le cellule congelate dei cibi senza danneggiarle.

Figura 5 Questo recipiente trasparente contiene vapori di iodio.



SEGUI L'ESEMPIO

Il burro di cacao, usato nell'industria alimentare, cosmetica e farmaceutica, ha un punto di fusione compreso tra 28 e 36 °C. Che cosa si può affermare sulla sua purezza?

► SOLUZIONE

Non avendo una temperatura di fusione definita (ma un intervallo di temperature), il burro di cacao non è una sostanza pura, dal punto di vista chimico, ma è una miscela di composti.