

Le variazioni di energia libera nei sistemi biologici



Figura 1 I processi vitali traggono la loro energia dal Sole, direttamente o come energia immagazzinata negli alimenti.

Molte reazioni biologiche, come la costruzione di una proteina a partire dagli amminoacidi o la costruzione di una molecola di DNA, non sono spontanee e quindi occorre promuoverle sfruttando una sorgente di energia esterna. Questa proviene dalla luce solare e dalle sostanze chimiche degli alimenti che a loro volta avevano immagazzinato l'energia solare (figura 1).

La reazione esotermica che si verifica nel metabolismo dei cibi genera una gran quantità di entropia e se tale reazione si accoppiasse a una reazione biochimica non spontanea, la variazione complessiva di entropia potrebbe essere positiva e quindi il processo complessivo spontaneo. In altri termini, una reazione che produce una gran quantità di entropia può spingere una reazione non spontanea a svolgersi.

In termini di energia libera, un processo biochimico può essere spinto in salita sul pendio dell'energia libera da un processo che va in discesa. La vita può essere paragonata all'effetto di un peso legato a

un altro peso da una corda passante su una puleggia (figura 2). Da solo il peso minore non riuscirebbe mai a

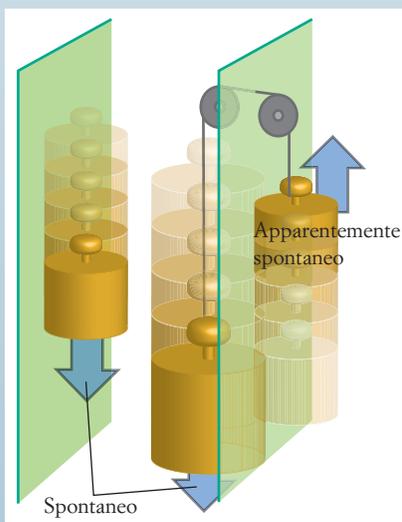


Figura 2 Un processo naturale può essere raffigurato come la caduta di un peso (a sinistra). Un peso che si sollevasse spontaneamente sarebbe considerato fortemente inconsueto, a meno che il processo non faccia parte di un processo complessivamente naturale (a destra). La caduta naturale di un peso più pesante provoca l'innalzamento, di per sé «innaturale», di un peso più leggero.

innalzarsi, ma quando è collegato con il peso maggiore in caduta dall'altra parte della puleggia, esso può alzarsi.

L'idrolisi dell'adenosintrifosfato, ATP (figura 3a), ad adenosindifosfato, ADP (figura 3b), è la reazione più frequentemente utilizzata dagli organismi per accoppiare e promuovere le reazioni non spontanee.

È questa idrolisi a costituire negli organismi viventi la reazione metabolica decisiva mediante la quale immagazzinare l'energia libera e adoperarla. Il valore di G° per l'idrolisi di 1 mol di ATP è circa -30 kJ. Per ripristinare l'ATP, processo che richiede $+30$ kJ, si devono congiungere una molecola di ADP e un gruppo fosfato accop-

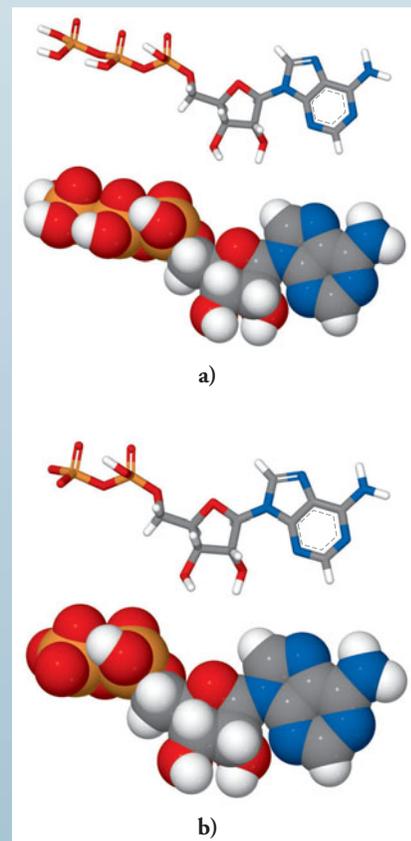


Figura 3 a) Adenosintrifosfo, ATP. b) Adenosindifosfato, ADP

piando la reazione con un'altra caratterizzata da una variazione di energia libera più negativa di -30 kJ. È questa una delle ragioni per le quali non possiamo fare a meno di alimentarci. Ingerendo cibo contenente glucosio consumiamo un combustibile. Come tutti i combustibili, anch'esso tende a formare spontaneamente i prodotti di combustione. Se ci limitassimo a bruciare il glucosio in un recipiente aperto all'aria, ciò servirebbe solo a compiere il lavoro di respingere l'atmosfera, e libererebbe una grande quantità di calore.

Invece all'interno del nostro or-

ganismo la «combustione» è rigorosamente controllata e avviene in modo raffinato. In tale reazione controllata il lavoro non di espansione che il processo può rendere si approssima a 2500 kJ a mole di molecole di glucosio: abbastanza da «ricaricare» circa 80 mol di molecole ADP.

Quando gli organismi viventi muoiono, cessano di ingerire l'energia solare di seconda mano immagazzinata nelle molecole dei carboidrati, delle proteine e dei grassi; a quel punto diviene predominante il verso naturale della trasformazione, e le loro complesse molecole in-

cominciano a decomporsi. Gli organismi viventi sono impegnati in una incessante battaglia per generare entropia sufficiente nel proprio ambiente, onde continuare a costruire e a mantenere la loro complessa struttura. Non appena cessano di combattere, smettono anche di generare entropia all'esterno e il loro corpo si degrada.

■ Concetto chiave

Le reazioni non spontanee si possono fare svolgere accoppiandole con reazioni spontanee. Tale accoppiamento viene ampiamente sfruttato dai sistemi biologici.