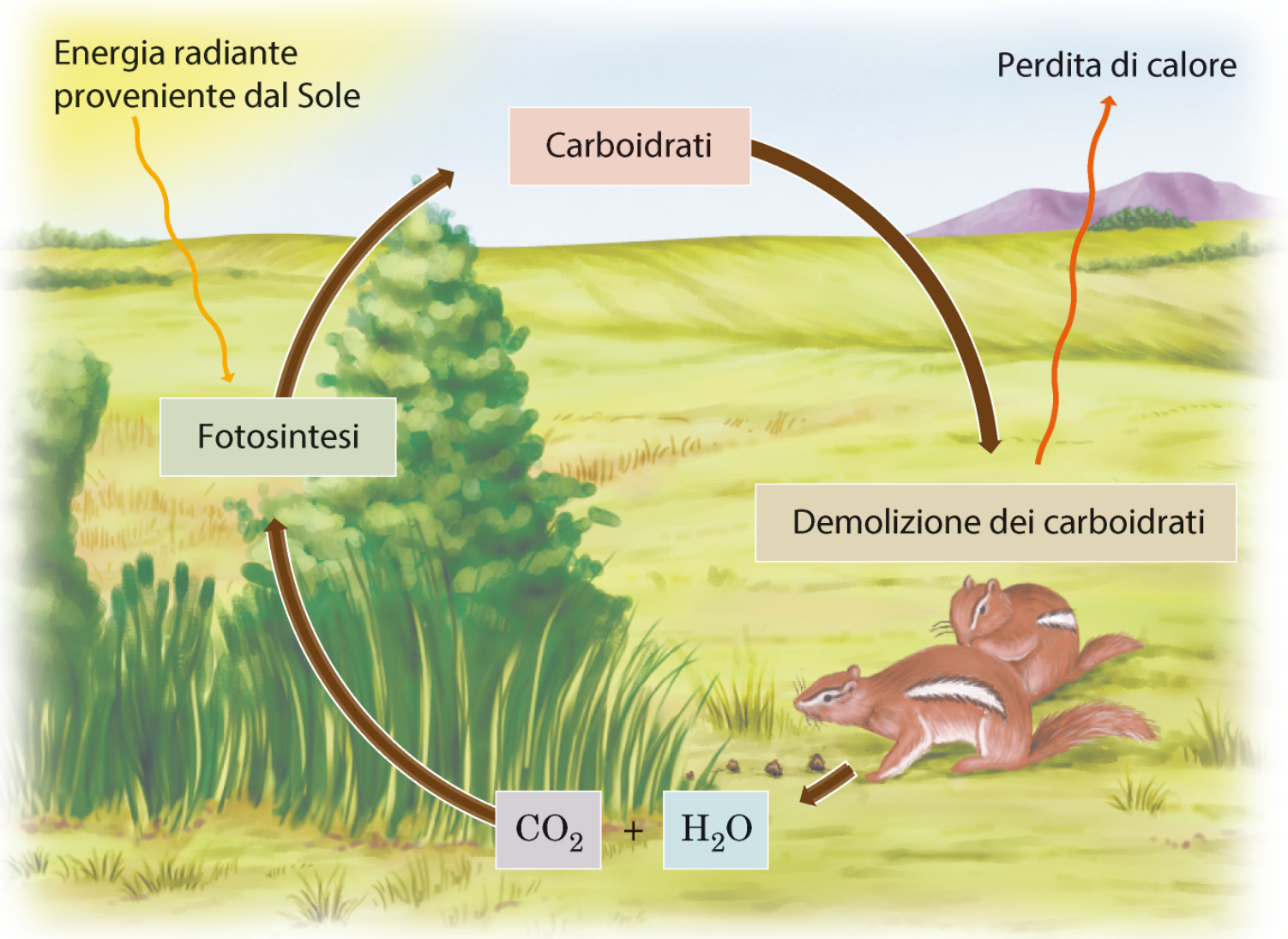
Termodinamica dei sistemi viventi

Concetti chiave:

• Gli organismi sono **sistemi aperti**, non all'**equilibrio**, che scambiano costantemente **materia** ed **energia** con l'**ambiente** circostante.
• L'**energia** si conserva e può presentarsi in **forme** differenti.
• Nella maggior parte dei sistemi biochimici l'**entalpia** equivale all'**energia interna**.
• L'**entropia**, una misura del disordine presente in un sistema, tende ad aumentare.
• La variazione di **energia libera** di un sistema è determinata dalla variazione di entalpia ed entropia del sistema.
• Un **processo spontaneo** avviene con diminuzione di energia libera del sistema.
• La variazione di energia libera di una reazione può essere calcolata a partire da temperatura, concentrazione e stechiometria di reagenti e prodotti.

La biosfera:
cicli di materia e flussi di energia



Biochimica della Nutrizione

ENERGIA

L'energia misura l'attitudine di un sistema a **compiere lavoro**.

L'unità di misura dell'energia è il ***joule*** (**J**).

Il lavoro necessario per muovere un oggetto di una certa distanza (spostamento) contro una forza resistente si calcola moltiplicando la forza per lo spostamento:

L = forza x spostamento (1 J = 1 newton m = 1 kg m^2 s^{-2})

Un joule è il lavoro svolto esercitando la forza di un newton per una distanza di un metro. (circa pari a quello necessario per sollevare da terra un oggetto di 102 grammi per un metro).

Un'unità alternativa, non SI, è la ***caloria*** (cal).

Una caloria è la quantità di energia necessaria a scaldare un grammo di acqua da 14,5 a 15,5 °C alla pressione di 1 atm.

1 *cal* = 4,184 *joule*.

Fabbisogno energetico nel cane e nel gatto

- Yorkshire (3 kg) 250-285 kcal/d
- Pastore tedesco (35 kg) 1580-1800 kcal/d
- Terranova (60 kg) 2370-2700 kcal/d

- Gatti attivi: 70-80 kcal/kg peso/d
- Gatti poco attivi: 50-60 kcal/kg peso/d

NB I valori riportati sono solo a titolo di esempio

Energia contenuta negli alimenti

- 1 g di carboidrati = 4 kcal
- 1 g di proteine = 4 kcal
- 1 g di grassi = 9 kcal

Potere calorico dei cibi

Tabella 1 **Chilocalorie fornite da 100 g di alcuni alimenti**

Alimenti	kcal	Alimenti	kcal
Pane	276	Cioccolata al latte	565
Pasta di semola	356	Miele	303
Prosciutto crudo	218	Patate	85
Formaggio	374	Spinaci	31
Merluzzo surgelato	75	Noci	660
Sogliola	86		

Nota: 100 grammi di pane non contengono 100 grammi di carboidrati... Perché?

Primo principio della termodinamica

Il **primo principio della termodinamica** afferma che in un **sistema isolato** l'energia può essere convertita da una forma all'altra, ma non può essere né creata né distrutta.

L'energia che l'universo contiene oggi è uguale a quella che conterrà domani e a quella che ha contenuto nel passato. In effetti, anche se può assumere diverse forme e può passare da un sistema ad un altro, modificando così la sua densità e la sua distribuzione locale, l'energia nel suo complesso si conserva sempre.

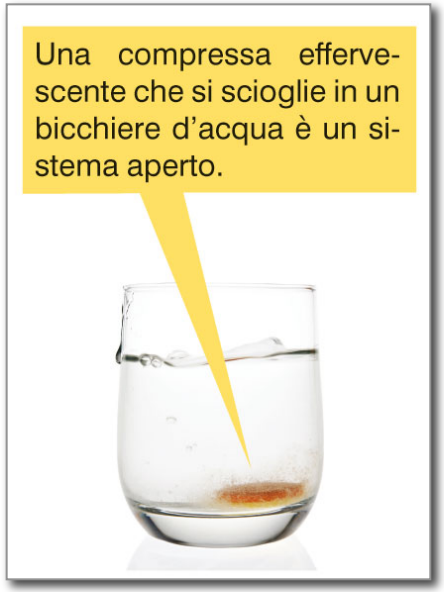
Primo vincolo imposto dalla natura alle trasformazioni:
Possono verificarsi soltanto quei cambiamenti che lasciano inalterata l'energia totale dell'universo.

Sistemi termodinamici

Con il termine **sistema** s'intende l'oggetto di studio.

Tutto ciò che circonda il sistema costituisce **l'ambiente**

In termodinamica: sistema + ambiente = **universo**



ZANICHELLI

ENERGIA INTERNA

L'energia interna (**U**) di un sistema è una grandezza estensiva che corrisponde alla somma dell'**energia cinetica** e dell'**energia potenziale** di tutte le particelle che lo compongono.

L'energia interna, **U**, misura la **capacità di un sistema di compiere lavoro**.

In base al primo principio della termodinamica, la variazione di energia interna ΔU di un sistema può essere scritta come:

$$\Delta U = Q + L$$

Primo principio e sistemi viventi

Il primo principio della termodinamica, $\Delta U = Q + L$, può essere applicato a qualunque sistema, quindi anche ad un organismo, che è un **sistema aperto** in quanto "deve" scambiare energia e materia con l'ambiente circostante.

Quando un organismo svolge una qualsiasi attività (camminare, correre, saltare, volare, ecc.), svolge un lavoro sull'ambiente che fa diminuire l'energia interna del suo corpo (-L). Le attività che un animale svolge producono anche energia termica che andrebbe ad aumentare pericolosamente la temperatura del suo corpo, se non fosse continuamente ceduta all'esterno sotto forma di calore (-Q). Anche la perdita di calore determina una riduzione dell'energia interna dell'organismo: $\Delta U = -Q - L < 0$

Pertanto, per ripristinare la propria capacità di compiere lavoro, in qualche modo, un essere vivente deve assorbire energia dall'ambiente. Va subito detto che l'organismo non assorbe energia "biologicamente utile" né sotto forma di calore né di lavoro. In effetti, nelle giornate molto calde, in cui il corpo dell'animale riceve calore dall'esterno, questo calore non può essere utilizzato per le attività biologiche. Né si può trasferire energia "biologicamente utile" sollevando l'animale ad una certa altezza dal suolo, compiendo quindi su di esso un lavoro meccanico.

La fonte di energia, che permette di ripristinare l'energia interna persa con il lavoro (-L) o con il calore (-Q), proviene dall'**alimentazione**; quando un animale mangia, recupera parte dell'energia chimica immagazzinata negli alimenti per aumentare la propria energia interna e mantenerla costante.

L'insieme delle reazioni biochimiche che avvengono nel corpo dei sistemi viventi, e che permette di estrarre energia biologicamente utile dalle molecole alimentari, prende il nome di **metabolismo**.

Termodinamica e sistemi viventi

In base al primo principio, se una reazione libera energia, le molecole prodotte devono possedere meno energia dei reagenti, in quantità pari a quella liberata. È il caso della reazione biochimica più universale della biosfera:

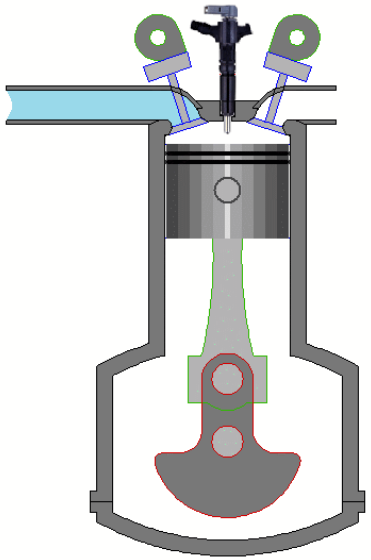
$$C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 \rightarrow 6\,CO_2 + 6\,H_2O \qquad \Delta G = -2867.5\ Kj/mol$$

La prima molecola presente in questa reazione chimica è la molecola centrale del metabolismo degli animali, la seconda e la terza molecola rappresentano il motivo per cui devono respirare, e la quarta il motivo per cui possono anche non bere dopo un ricco pasto in carboidrati... Poi c'è la variazione di energia libera.

Le reazioni di combustione liberano energia

La **combustione** è una reazione chimica fra un combustibile (spesso contenente carbonio e/o idrogeno) e un comburente (contenente atomi ad alta elettronegatività) in cui si libera un'elevata quantità di energia.

Reazione di combustione senza produzione di lavoro meccanico



Reazione di combustione accoppiata alla produzione di lavoro meccanico

$$C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 \rightarrow 6\,CO_2 + 6\,H_2O \qquad \Delta G = -2867.5\ Kj/mol$$

Il **metabolismo energetico** è la serie di reazioni consecutive attraverso le quali avviene la **lenta combustione** degli alimenti nell'organismo senza determinare in esso brusche variazioni di temperatura (i.e, in condizione isotermica).

Negli organismi viventi l'energia liberata dalla combustione degli alimenti viene in parte rilasciata sotto forma di calore e in parte trasformata in **energia chimica biologicamente utile** (per es., ATP, NADPH, creatina fosfato, ecc.) per alimentare le attività necessarie alla vita.