

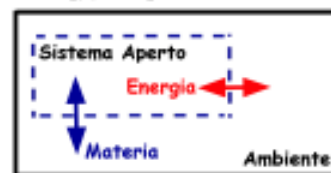
**Il metabolismo è l'insieme delle trasformazioni chimiche ed energetiche che avvengono negli organismi viventi**

scaricato da [www.sunhope.it](http://www.sunhope.it)

**Gli organismi viventi sono dei "sistemi aperti" che scambiano continuamente materia ed energia con l'ambiente circostante**

scaricato da [www.sunhope.it](http://www.sunhope.it)

**SISTEMA APERTO**



**sistema + ambiente = universo**

scaricato da [www.sunhope.it](http://www.sunhope.it)

La bioenergetica è lo studio quantitativo delle trasformazioni energetiche che sono associate alle reazioni chimiche. Queste trasformazioni obbediscono alle leggi della termodinamica.

scaricato da [www.sunhope.it](http://www.sunhope.it)

**1a legge della termodinamica  
(principio di conservazione dell'energia)**

**L'energia totale dell'universo  
(sistema + ambiente) è costante**

scaricato da [www.sunhope.it](http://www.sunhope.it)

Ad una certa  $T$ , lo stato energetico di un sistema chimico può essere descritto in termini di

Entalpia (H)

Entropia (S)

Energia libera (G)

G = energia libera di Gibbs

scaricato da [www.sunhope.it](http://www.sunhope.it)

H = contenuto termico

S = grado di disordine o casualità

G = energia utile a compiere un lavoro

scaricato da [www.sunhope.it](http://www.sunhope.it)

**2a legge della termodinamica**

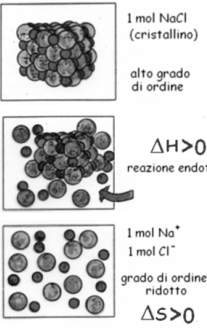
**Un processo può avvenire spontaneamente soltanto se l'entropia dell'universo (sistema + ambiente) aumenta**

scaricato da [www.sunhope.it](http://www.sunhope.it)

**Le variazioni di  $G$ ,  $H$ ,  $S$  sono tra loro correlate dall'equazione**

**$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$**

scaricato da [www.sunhope.it](http://www.sunhope.it)

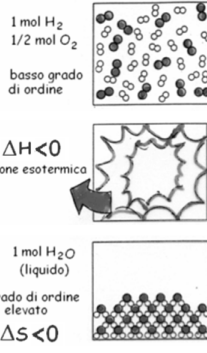


1 mol NaCl (cristallino)  
alto grado di ordine

$\Delta H > 0$   
reazione endotermica

1 mol Na<sup>+</sup>  
1 mol Cl<sup>-</sup>  
grado di ordine ridotto  
 $\Delta S > 0$

scaricato da [www.sunhope.it](http://www.sunhope.it)



1 mol H<sub>2</sub>  
1/2 mol O<sub>2</sub>  
basso grado di ordine

$\Delta H < 0$   
reazione esotermica

1 mol H<sub>2</sub>O (liquido)  
grado di ordine elevato  
 $\Delta S < 0$

scaricato da [www.sunhope.it](http://www.sunhope.it)

$\Delta H > 0$  reazione endotermica  
 $\Delta H < 0$  reazione esotermica  
 $\Delta S > 0$  grado di ordine ridotto  
 $\Delta S < 0$  grado di ordine elevato  
 $\Delta G < 0$

scaricato da [www.sunhope.it](http://www.sunhope.it)

Né  $\Delta H$  né  $\Delta s$ , ma solo  $\Delta G$  può permettere di predire la spontaneità di una reazione

scaricato da [www.sunhope.it](http://www.sunhope.it)

Stato di transizione,  $S^{\ddagger}$   
 $\Delta G^{\ddagger}$  (non catalizzata)  
 $\Delta G^{\ddagger}$  (catalizzata)  
 Substrato  
 Prodotto  
 $\Delta G$  della reazione  
 Andamento della reazione

$\Delta G$  è espresso in kcal/mole o kJoule/mole  
(1 kcal=4.2 kJ)

scaricato da [www.sunhope.it](http://www.sunhope.it)

Il  $\Delta G$  dipende solo dallo stato iniziale e da quello finale e non dalla via seguita dalla trasformazione

scaricato da [www.sunhope.it](http://www.sunhope.it)

$\Delta G$  può predire la direzione di una reazione, non la velocità.

La velocità di una reazione dipende dalle proprietà dell'enzima che catalizza quella reazione

scaricato da [www.sunhope.it](http://www.sunhope.it)

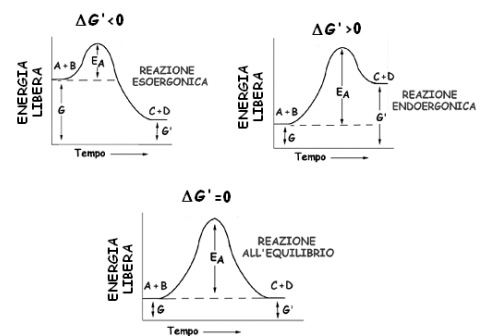
Una reazione con un  $\Delta G$  fortemente negativo non necessariamente procederà rapidamente

scaricato da [www.sunhope.it](http://www.sunhope.it)

$\Delta G$  si riferisce allo standard chimico (pH = 0)

$\Delta G'$  si riferisce allo standard biochimico (pH = 7)

scaricato da [www.sunhope.it](http://www.sunhope.it)



scaricato da [www.sunhope.it](http://www.sunhope.it)

$$\Delta G' = \Delta G^{\circ} + 2.3 RT \log \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

Se  $\Delta G' = 0$   
la reazione è all'equilibrio

$$\Delta G^{\circ} = - 2.3 RT \log K'_{eq}$$

$\Delta G^{\circ}$  è direttamente correlata  
alla costante di equilibrio ( $K'_{eq}$ )

scaricato da [www.sunhope.it](http://www.sunhope.it)

$K'_{eq}$	$\Delta G^{\circ}$ (kcal/mol)
$10^3$	-4.1
$10^2$	-2.7
$10^1$	-1.4
1	0.0
$10^{-1}$	1.4
$10^{-2}$	2.7
$10^{-3}$	4.1

$$\Delta G^{\circ} = - 2.3 RT \log K'_{eq}$$

SE  $K'_{eq} > 1$   $\Delta G^{\circ} < 0$   
REAZIONE ESOERGONICA

SE  $K'_{eq} = 1$   $\Delta G^{\circ} = 0$   
REAZIONE ALL'EQUILIBRIO

SE  $K'_{eq} < 1$   $\Delta G^{\circ} > 0$   
REAZIONE ENDOERGONICA

scaricato da [www.sunhope.it](http://www.sunhope.it)

$\Delta G^{\circ}$  si riferisce a condizioni standard

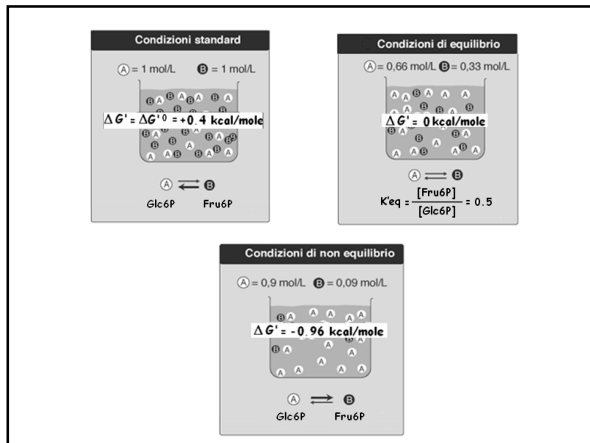
temperatura      298 K  
pH                    7.0  
pressione        1 atmosfera  
concentrazione    1 M

scaricato da [www.sunhope.it](http://www.sunhope.it)

$\Delta G'$  = variazione di energia libera reale  
considera le reali [S] e [P]

$\Delta G^{\circ}$  = variazione di energia libera standard  
considera [S]=[P]=1 M

scaricato da [www.sunhope.it](http://www.sunhope.it)



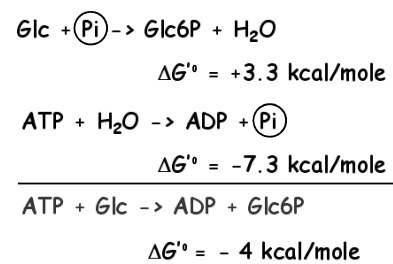
**Una reazione termodinamicamente non favorevole può essere trascinata da una reazione favorevole ad essa accoppiata**

scaricato da [www.sunhope.it](http://www.sunhope.it)

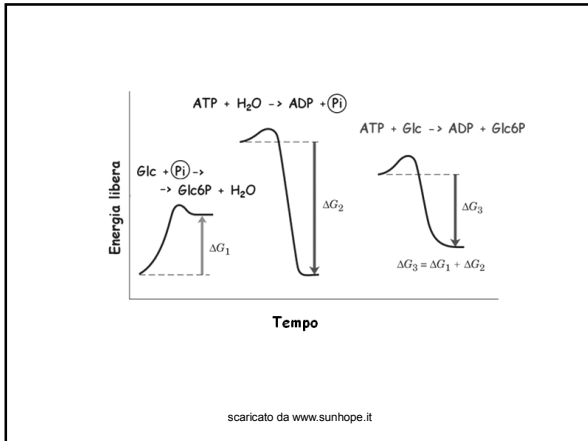
**Le variazioni di energia libera sono additive**

**Le costanti di equilibrio sono moltiplicative**

scaricato da [www.sunhope.it](http://www.sunhope.it)

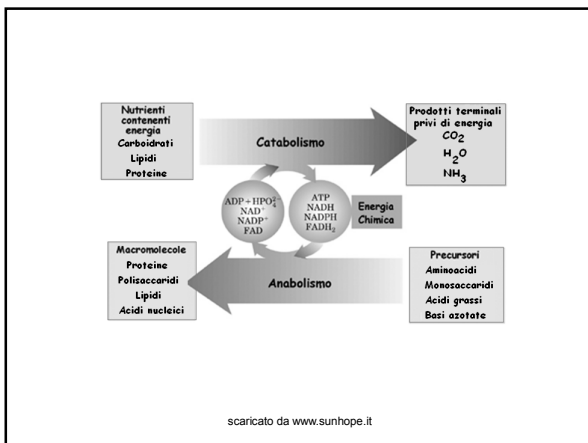


scaricato da [www.sunhope.it](http://www.sunhope.it)



**Le costanti di equilibrio sono moltiplicative: l'idrolisi dell'ATP fa aumentare la K'eq della formazione del Glc6P di un fattore pari a 2x10<sup>5</sup> volte**

scaricato da [www.sunhope.it](http://www.sunhope.it)



**Catabolismo (degradazione)**

- natura ossidativa
- produce energia

**Anabolismo (biosintesi)**

- natura riduttiva
- richiede energia

scaricato da [www.sunhope.it](http://www.sunhope.it)

**Il metabolismo è regolato per  
ottenere il massimo equilibrio  
e la massima economia**

scaricato da [www.sunhope.it](http://www.sunhope.it)