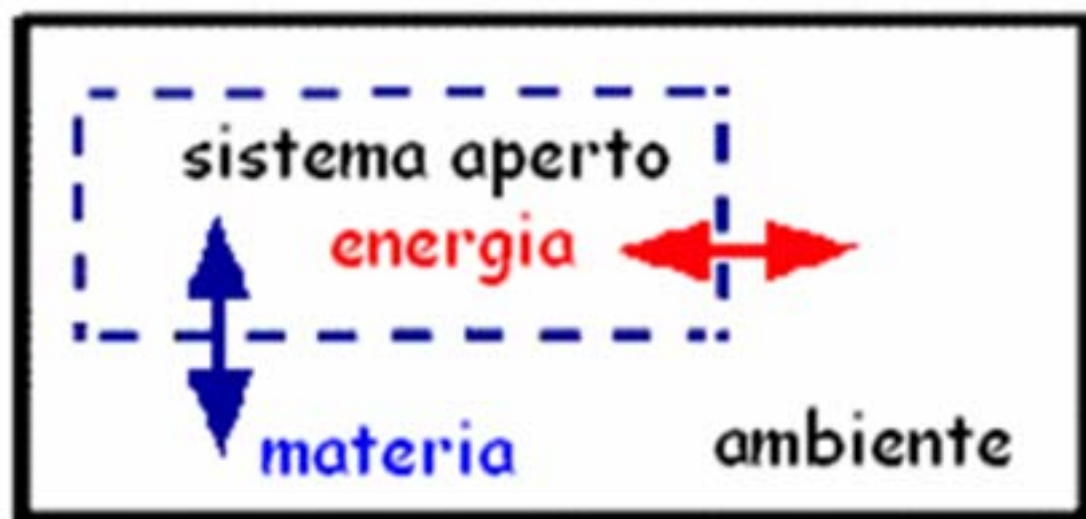


**Il metabolismo è l'insieme delle
trasformazioni
chimiche ed energetiche
che avvengono negli
organismi viventi**

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



SISTEMA + AMBIENTE = UNIVERSO

La **bioenergetica** è lo studio quantitativo delle **trasformazioni energetiche** che sono associate alle **reazioni chimiche**.

Queste trasformazioni obbediscono alle leggi della **termodinamica**.

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

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

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

Entalpia (H)

Entropia (S)

Energia libera (G)

H = contenuto termico

S = grado di disordine
o di casualità

G = energia utile
a compiere un lavoro

2a legge della termodinamica

Un processo può avvenire

spontaneamente

soltanto se **l'entropia dell'universo**

(sistema + ambiente)

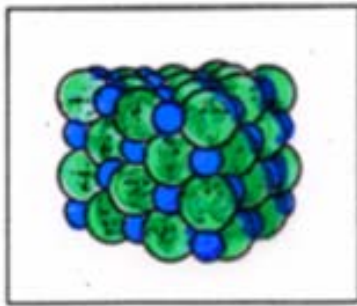
aumenta

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

ΔG è l'energia disponibile per effettuare lavoro

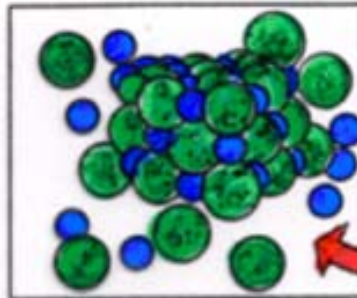
ΔH è il calore liberato o assorbito da una reazione

ΔS è una misura della casualità



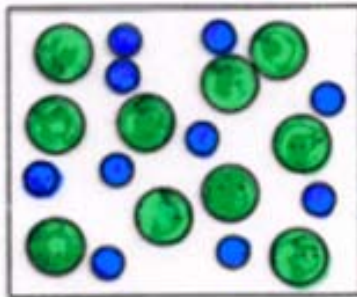
1 mol NaCl
(cristallino)

alto grado
di ordine



$$\Delta H > 0$$

reazione endotermica



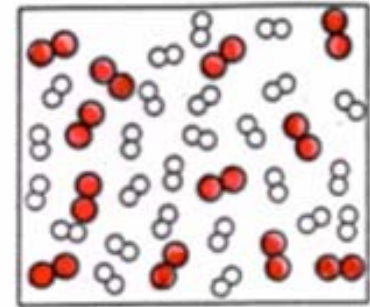
1 mol Na⁺
1 mol Cl⁻
grado di ordine
ridotto

$$\Delta S > 0$$

$$\Delta G < 0$$

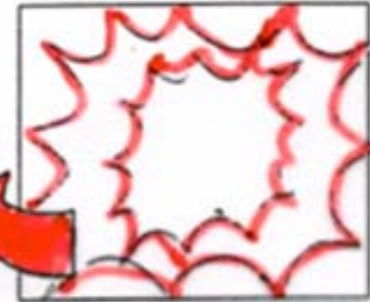
1 mol H₂
1/2 mol O₂

basso grado
di ordine



$$\Delta H < 0$$

reazione esotermica

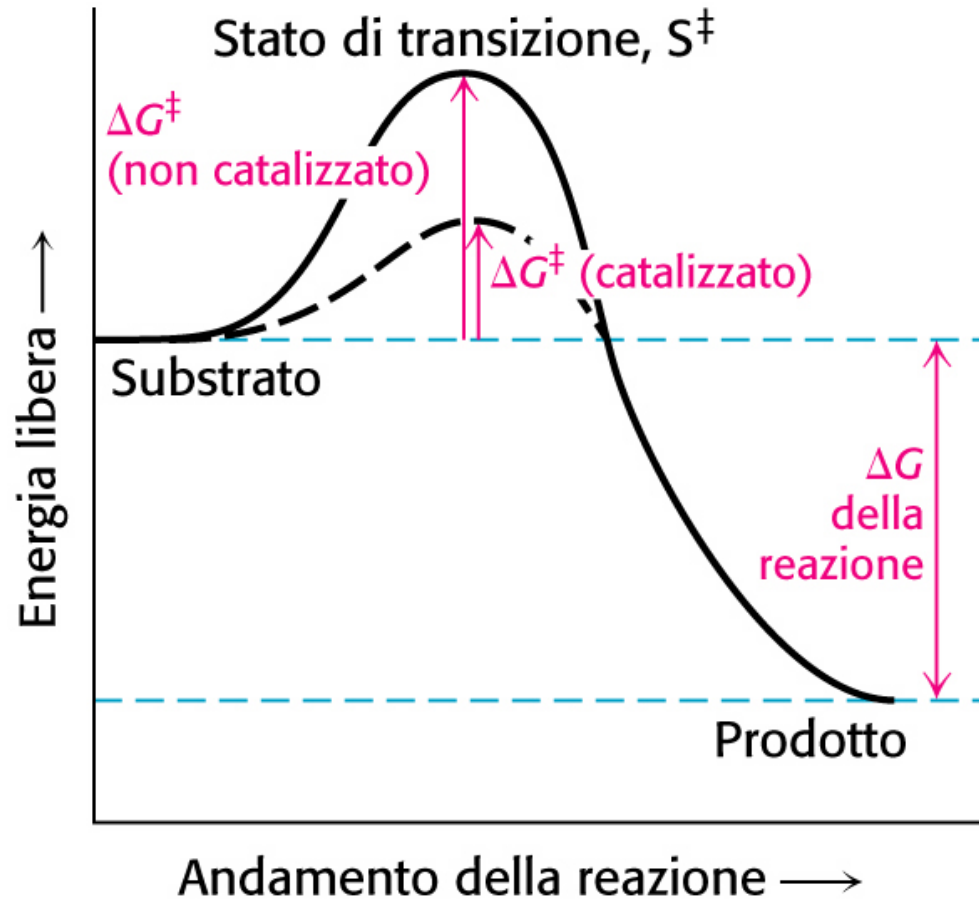


1 mol H₂O
(liquido)
grado di ordine
elevato

$$\Delta S < 0$$

$$\Delta G < 0$$

Solo ΔG può permettere di predire la **spontaneità** di una reazione



ΔG è espresso in **kcal/mole** o **kJoule/mole** (1 kcal=4.2 kJ)

Il ΔG dipende solo dallo stato iniziale e da quello finale e non dalla via seguita dalla trasformazione

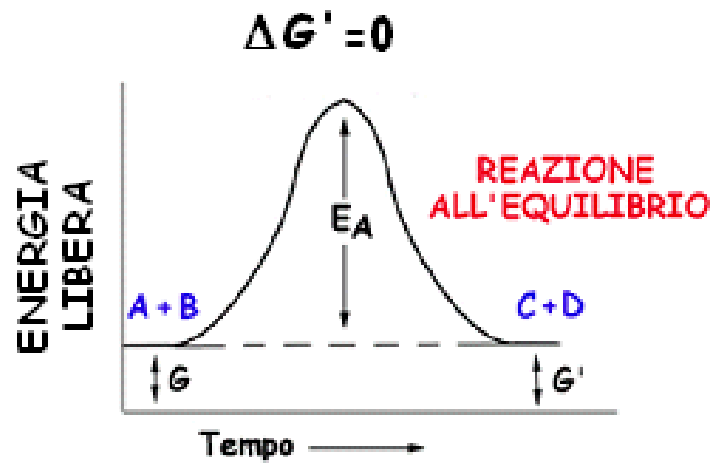
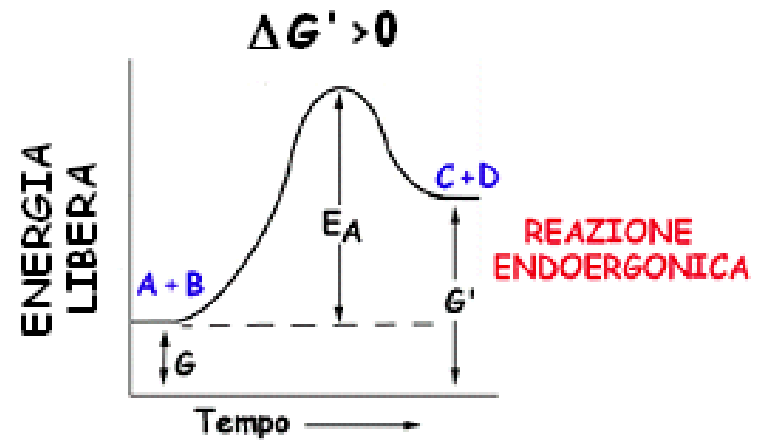
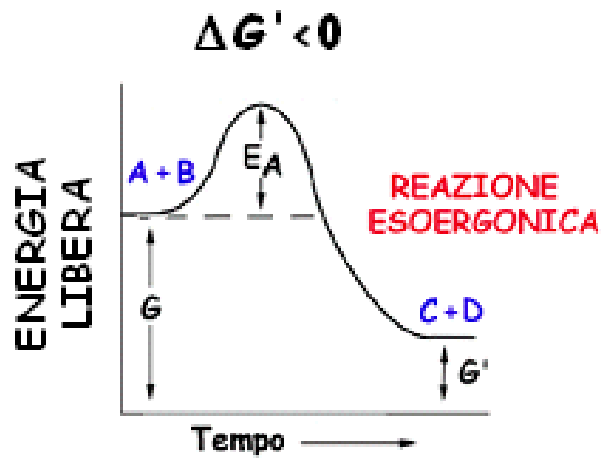
ΔG può predire la **direzione** di una reazione, **non** la **velocità**.

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

Una reazione con un
 ΔG fortemente negativo
non necessariamente procederà
rapidamente

ΔG si riferisce a $\text{pH}=0$

$\Delta G'$ si riferisce a $\text{pH}=7$



$\Delta G'$ - VARIAZIONE DI ENERGIA
LIBERA REALE

- CONSIDERA LE REALI [S] E [P]

$\Delta G'^0$ - VARIAZIONE DI ENERGIA
LIBERA STANDARD (298 K)

- SI RIFERISCE A [S]=[P]=1 M

$\Delta G'^0$ È CORRELATA ALLA COSTANTE DI EQUILIBRIO

$$\Delta G' = \Delta G'^0 + 2.3 RT \log \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

SE $\Delta G' = 0$
LA REAZIONE È
ALL'EQUILIBRIO:

$$\Delta G'^0 = - 2.3 RT \log K'_{eq}$$

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

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

REAZIONE ALL'**EQUILIBRIO**

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

REAZIONE **ESOERGONICA**

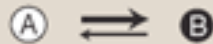
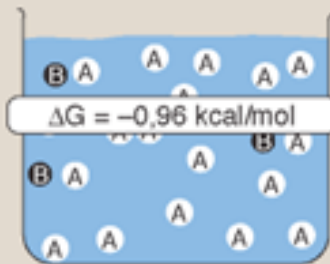
SE $K'_{eq}<1$ $\Delta G'^{\circ}>0$

REAZIONE **ENDOERGONICA**

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

A Condizioni di non equilibrio

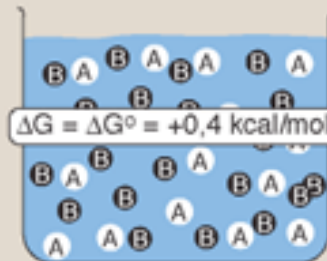
$\text{A} = 0,9 \text{ mol/L}$ $\text{B} = 0,09 \text{ mol/L}$



Glucosio 6-P Fruttosio 6-P

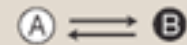
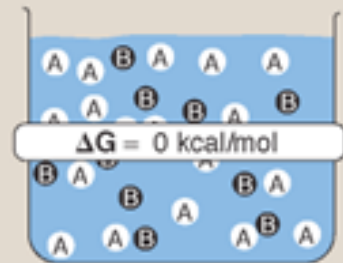
B Condizioni standard

$\text{A} = 1 \text{ mol/L}$ $\text{B} = 1 \text{ mol/L}$



C Condizioni di equilibrio

$\text{A} = 0,66 \text{ mol/L}$ $\text{B} = 0,33 \text{ mol/L}$



$$K_{\text{eq}} = \frac{[\text{Fruttosio 6-P}]}{[\text{Glucosio 6-P}]} = 0,504$$

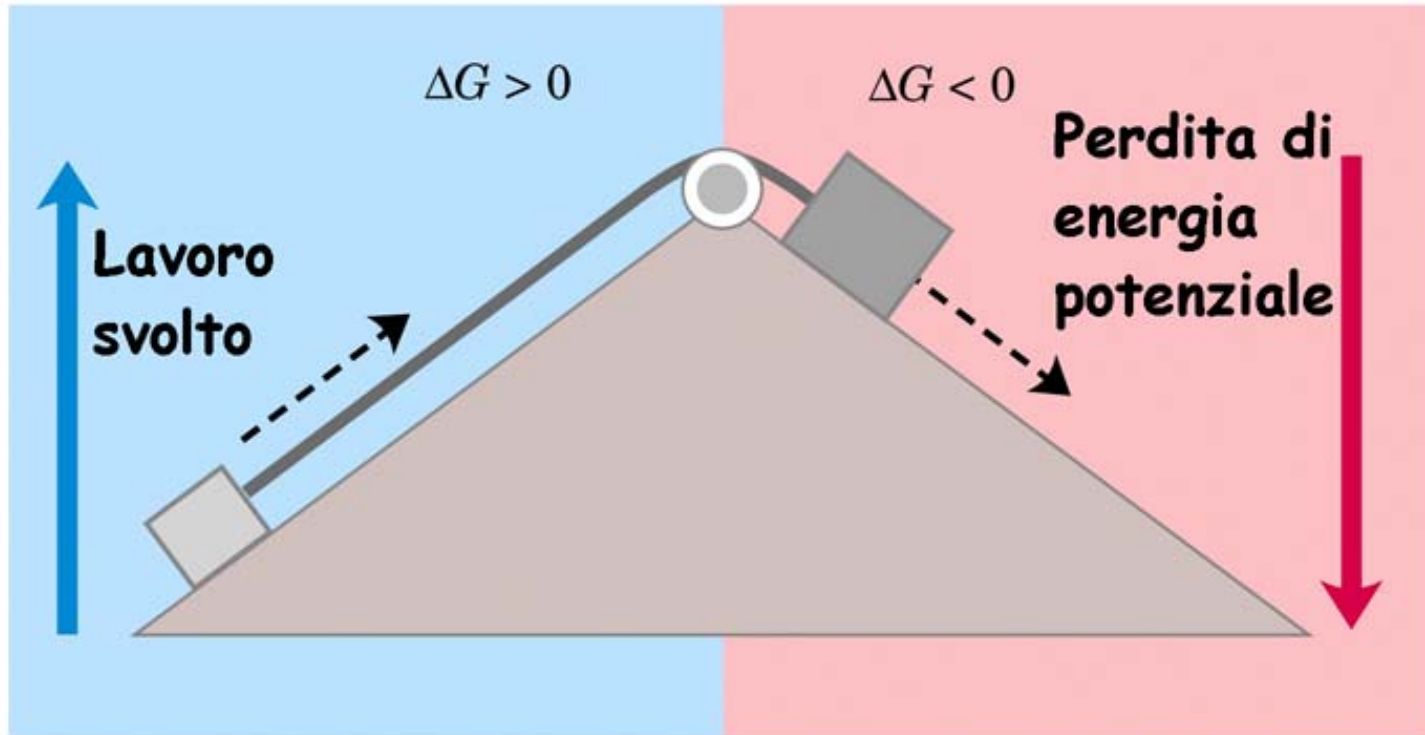
$$\Delta G' = \Delta G'^0 + 2.3 RT \log \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

$$\text{pH} = \text{pK} + \log \frac{[A^-]}{[HA]}$$

Una reazione termodinamicamente non favorevole può essere **trascinata**

- da una reazione favorevole ad essa **accoppiata**
- dall'idrolisi dell'**ATP**

Esempio Meccanico

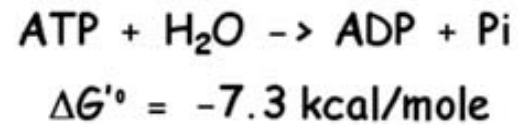
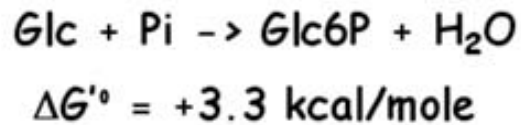
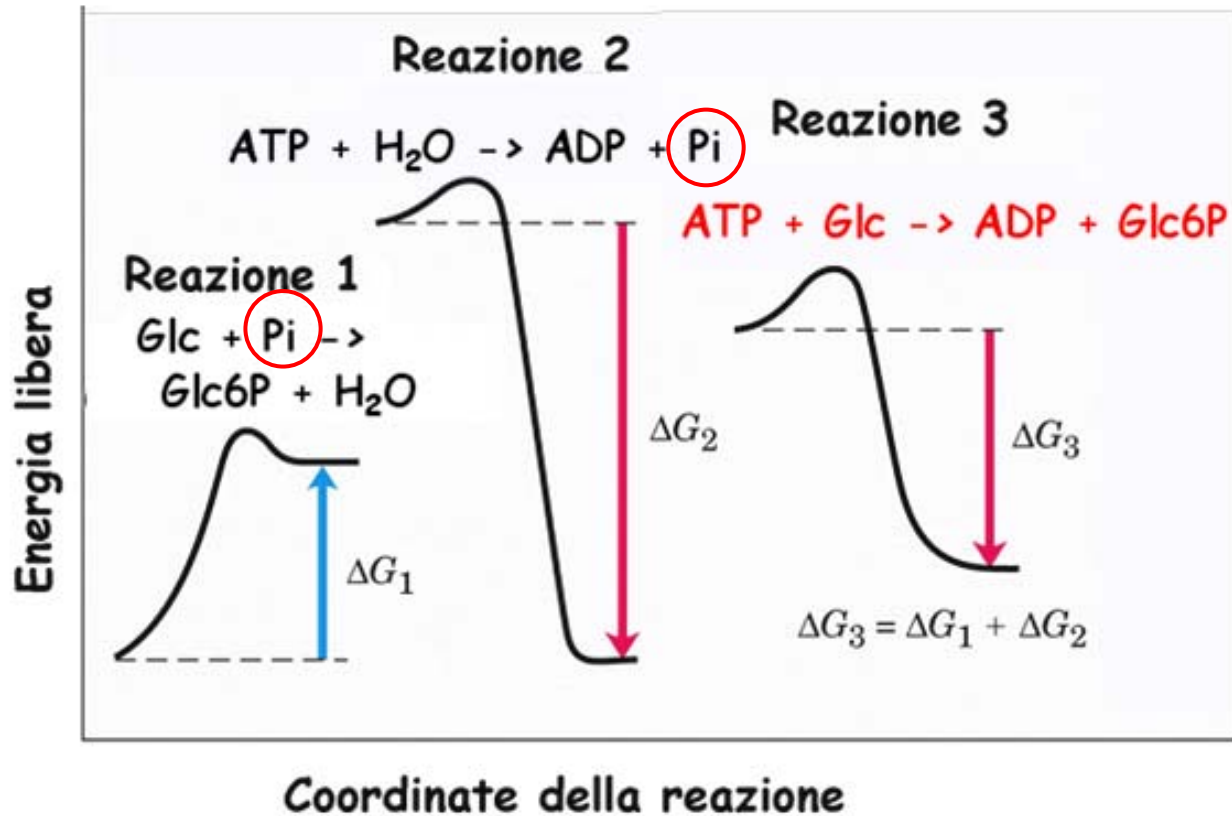


■ Endoergonica

Esoergonica ■



Le variazioni di energia libera sono **additive**



Le costanti di equilibrio sono
moltiplicative: l'idrolisi dell'ATP
fa aumentare la **K'eq** della
formazione del Glc6P di
un fattore pari a **2×10^5 volte**

