

Bioenergetica

- **Studio quantitativo delle trasduzioni energetiche che si verificano nelle cellule**
- **Studio dei fenomeni termodinamici applicati alle reazioni biochimiche**

- **Energia:** capacità di eseguire un lavoro (contro forze che si oppongono).
- **Energia cinetica:** è l'energia di moto.
 - Oggetti in movimento, fotoni, calore.
- **Energia potenziale:** è l'energia che la materia possiede.
- **Energia chimica:** è una forma di energia potenziale delle molecole.
- *L'energia può essere convertita da una forma all'altra.*

Le cellule utilizzano diverse forme di Energia

Gli organismi richiedono un continuo apporto di energia per:

- la produzione di lavoro meccanico**
- il trasporto attivo di molecole e ioni**
- la sintesi di macromolecole**

PRIMA LEGGE DELLA TERMODINAMICA

(principio di conservazione dell'energia)

L'energia non può essere né creata né distrutta (ma solo trasformata)

Nel muscolo scheletrico, l'energia chimica presente nella molecola di ATP viene convertita in energia meccanica

SECONDA LEGGE DELLA TERMODINAMICA

**In tutti i processi naturali, l'entropia tende ad aumentare
(aumento del disordine dell'universo)**

ENTROPIA (S): è l'indicatore del grado di disordine di
un sistema (S)

- **E' l'energia (ad una specifica temperatura) non disponibile per compiere lavoro**

Processi spontanei e non

- I **processi spontanei** avvengono senza necessità di aiuto esterno.
 - Questi processi possono essere sfruttati per compiere lavoro.
- I **processi non spontanei** avvengono solo se viene fornita energia al sistema.
- **L'Energia libera:** fornisce un criterio per misurare la spontaneità di un sistema.

Energia libera (G)

I sistemi biologici seguono le leggi generali della termodinamica.

Poichè i sistemi biologici sono essenzialmente isothermici, utilizzano solo energia chimica per compiere i processi vitali.

E' possibile prevedere la spontaneità di un fenomeno ?

L'energia libera (G)

L'energia libera (G) o di Gibbs, è l'energia che può essere utilizzata per compiere un lavoro a T e P costanti e vale la seguente relazione:

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

G (ENERGIA LIBERA)

H (ENTALPIA) - IL CONTENUTO TERMICO DI
UN SISTEMA

S (ENTROPIA)

T (TEMPERATURA)

Energia libera (G)

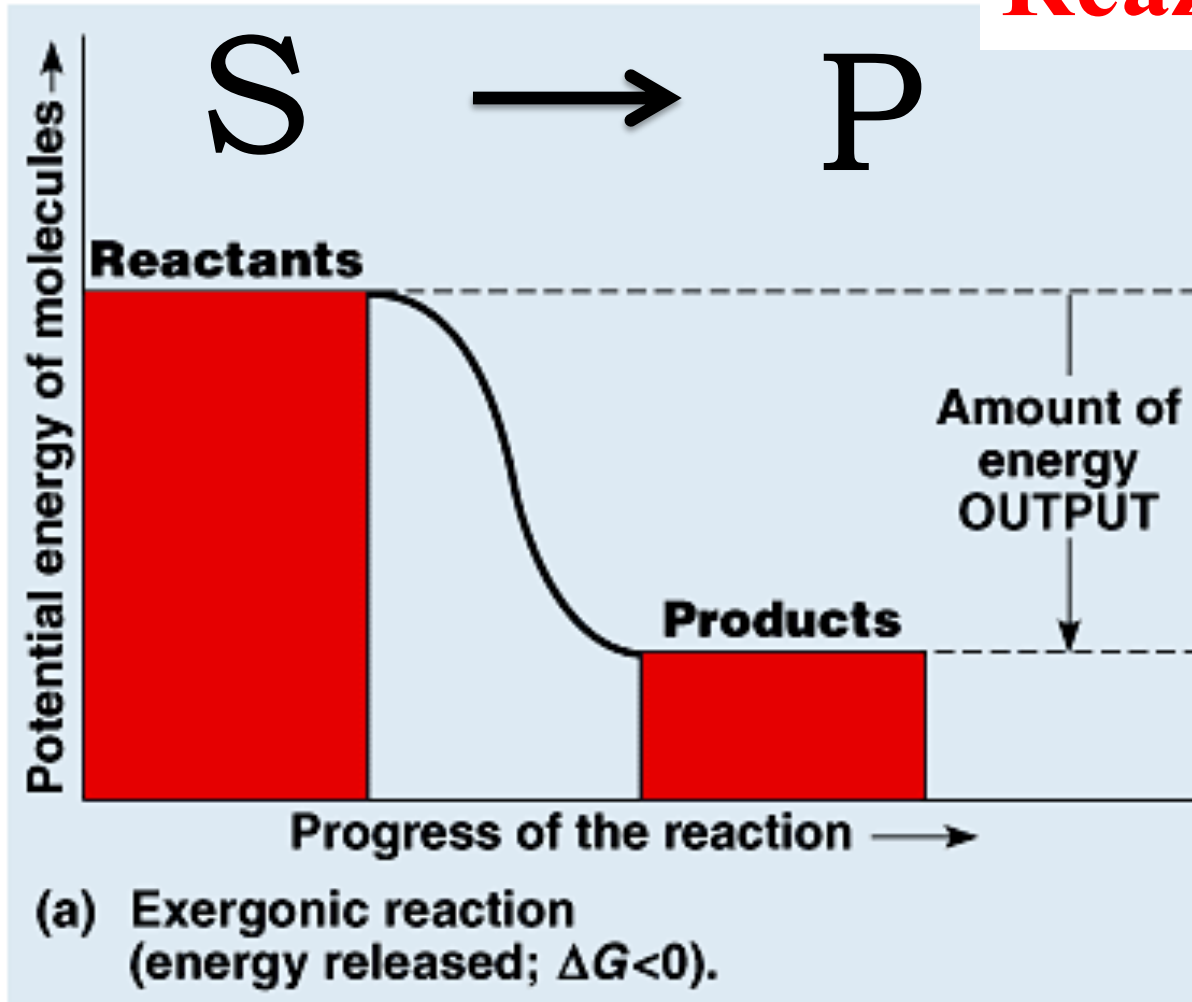
La spontaneità di un fenomeno tiene conto di due parametri:

- la variazione totale del contenuto termico (entalpia, ΔH);

- la variazione dello stato totale di disordine (entropia, ΔS).

Questi parametri concorrono alla definizione della variazione di energia libera (ΔG).

Reazione esoergonica



$$\Delta G = G_P - G_S$$

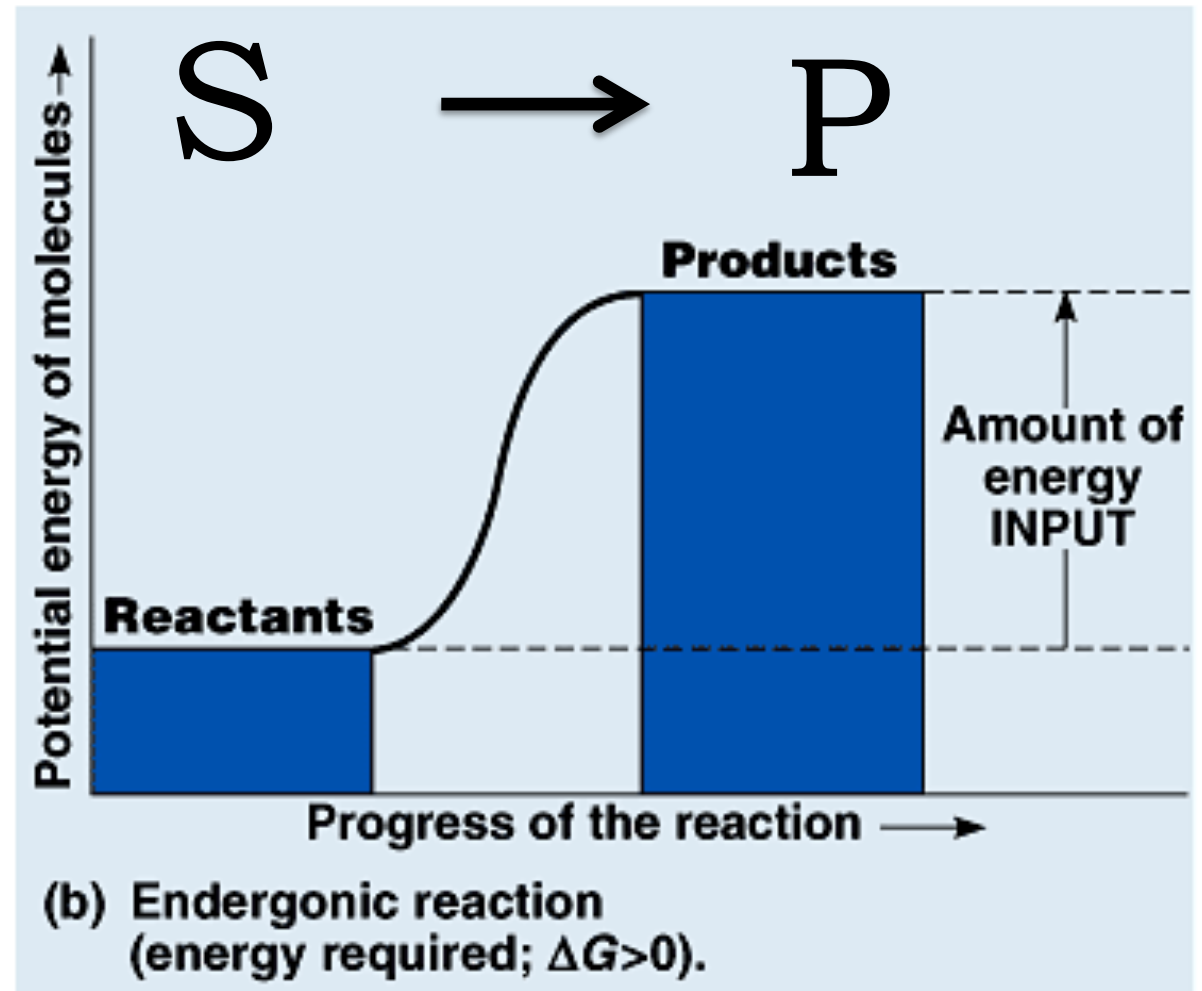
$$\Delta G < 0$$

*Questa reazione avviene spontaneamente
e produce Energia
(reazione esoergonica, $\Delta G < 0$)*

Reazione endoergonica

$$\Delta G = G_P - G_S$$

$$\Delta G > 0$$



Questa reazione non avviene spontaneamente e richiede Energia

(reazione endoergonica, $\Delta G > 0$)

Reazioni reversibili che tendono all'equilibrio

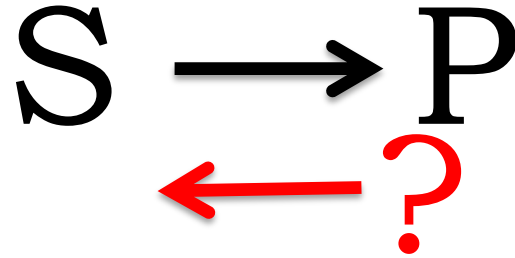
$$\Delta G = G_P - G_S$$

$$\Delta G \sim 0$$

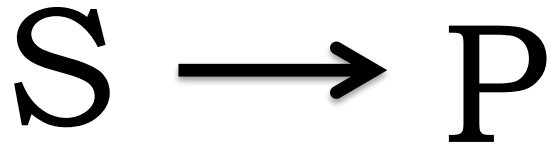
**Una reazione esoergonica avviene
velocemente ?**

**La variazione di Energia libera
dipende dalle concentrazioni dei
reagenti e dei prodotti**

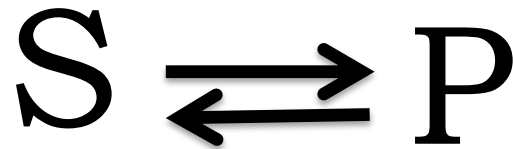
L'equilibrio chimico



$\Delta G > 0$ Reazione endoergonica irreversibile



$\Delta G \sim 0$ La reazione tende a raggiungere l'equilibrio ed é reversibile



L'Energia libera standard la costante di equilibrio

Per una reazione chimica il ΔG è correlato alla costante di equilibrio (K_{eq}), secondo la relazione:

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln K_{eq}$$

ΔG° rappresenta la variazione di energia libera nello stato standard (25° C, pressione di 1 atm, concentrazione unitaria dei reagenti, 1 M).

R = Costante dei gas (8,315 J/mol K)

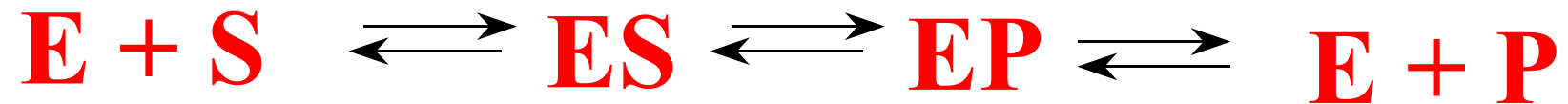
T = temperatura assoluta (Kelvin) (T=t+273,15)

Nei sistemi biologici, le condizioni standard vengono invece riportate al valore di pH = 7 ed inoltre, la concentrazione dell'acqua viene considerata costante. Pertanto la variazione di energia libera standard nei sistemi biologici viene indicata $\Delta G'^\circ$

$$\Delta G = \Delta G'^\circ + RT \ln K_{eq}$$

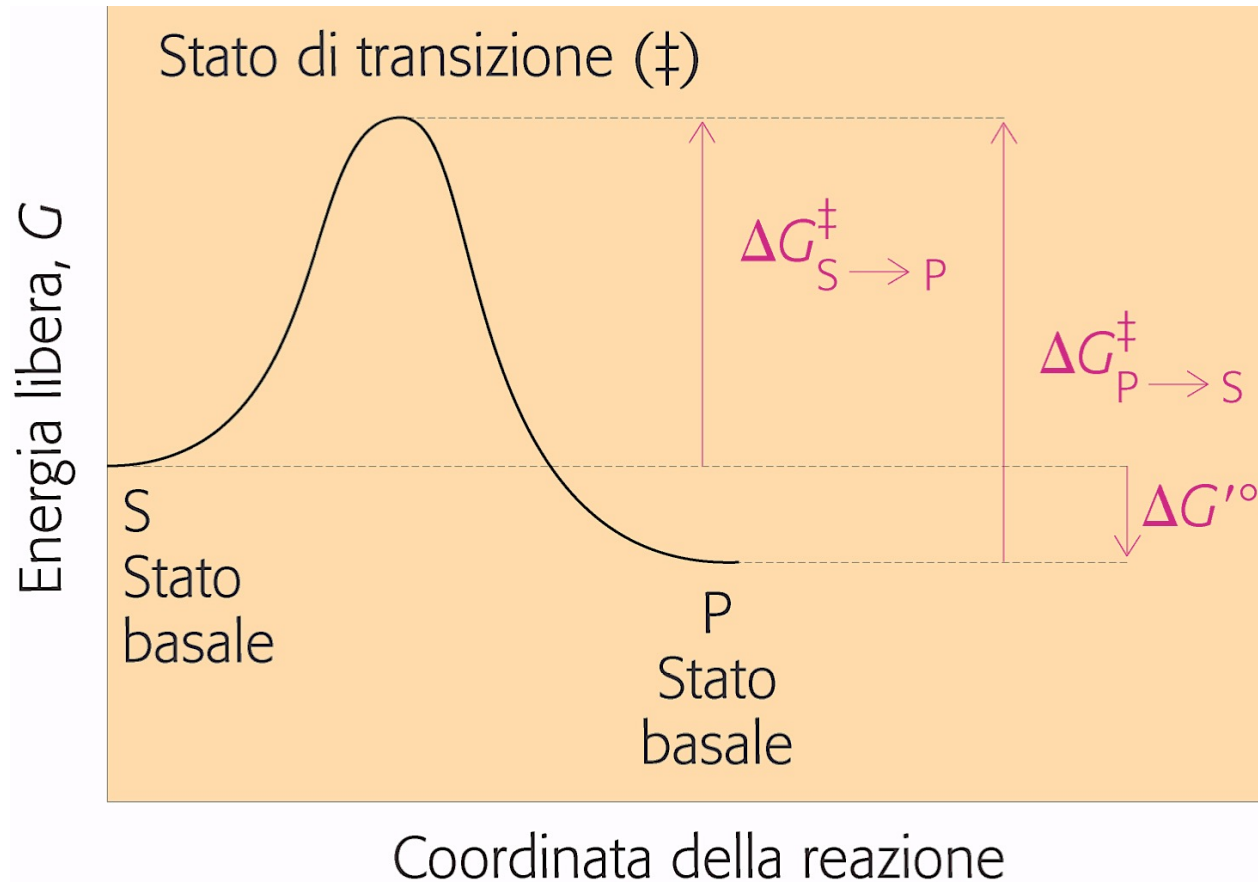
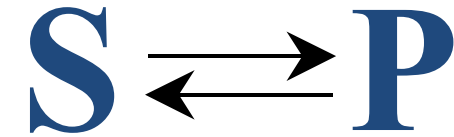
Una reazione esoergonica avviene velocemente ?

Consideriamo una reazione catalizzata da un enzima
(catalizzatore biologico)



I catalizzatori modificano la velocità delle reazioni ma non la costante di equilibrio.

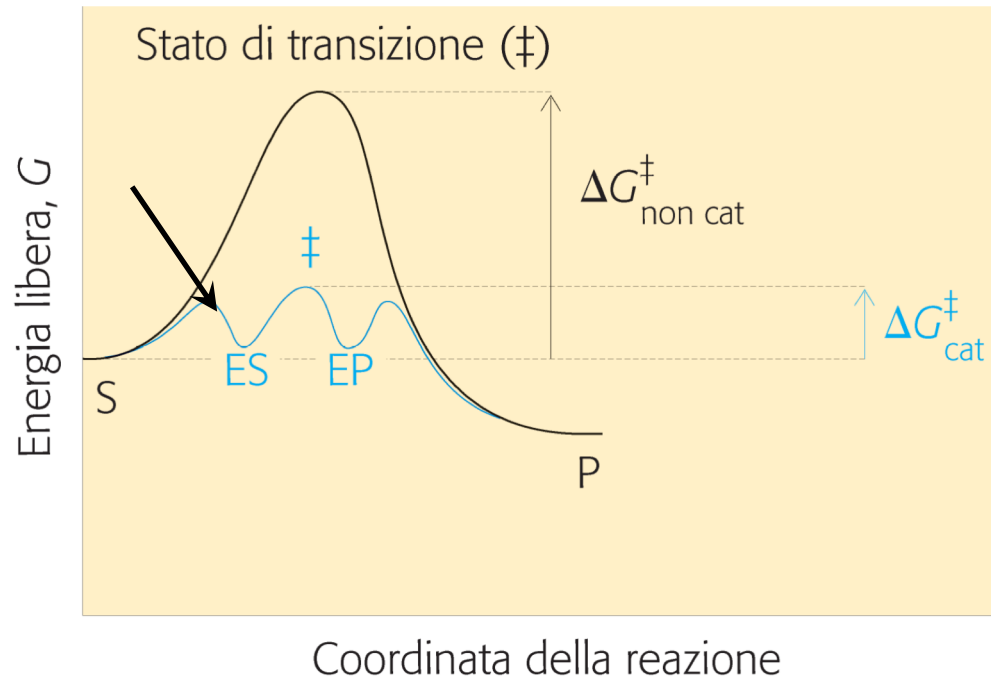
ENZIMI: bioenergetica (1)



L'Energia libera di attivazione è la differenza tra l'energia dello stato di transizione e quella dei reagenti

ENZIMI: bioenergetica (2)

Gli enzimi accelerano la velocità di una reazione abbassando l'energia libera dello stato di transizione, stabilizzandone la sua struttura.



Una riduzione di circa 6 kJ/mole dell'energia libera dello stato di transizione (quella relativa ad un legame a idrogeno) provoca un aumento di più di 10 volte della velocità di reazione.

Gli enzimi non hanno nessun effetto sull'andamento globale della reazione e non influenzano la costante di equilibrio.

Gli enzimi fanno raggiungere l'equilibrio chimico più rapidamente.