



**LA BIOCHIMICA:**

**IL LINGUAGGIO UNIVERSALE DEI SISTEMI VIVENTI**

## Cos'è un Sistema Vivente?

- sistema complesso ed altamente organizzato
- dotato di una composizione chimica specifica e unica per ricchezza e varietà dei suoi componenti
- grazie a tale composizione chimica al suo interno si formano strutture con precise funzioni
- tali strutture gli consentono
  - ⇒ di trasformare l'energia e di controllarne il flusso
  - ⇒ di interagire dinamicamente con l'ambiente mantenendo la propria integrità
  - ⇒ di replicarsi e di evolvere

**un sistema vivente** è dotato di una **composizione chimica specifica** e unica.

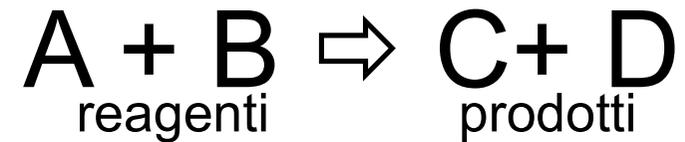


Una cellula batterica può contenere fino a 5000 tipi diversi di **composti organici**.

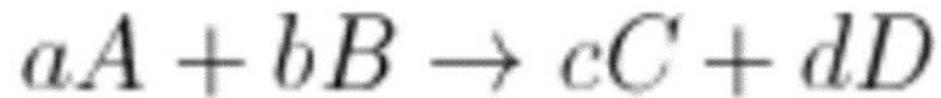
**BIOMolecole**

# REAZIONE CHIMICA

Viene rappresentata da una **EQUAZIONE CHIMICA**



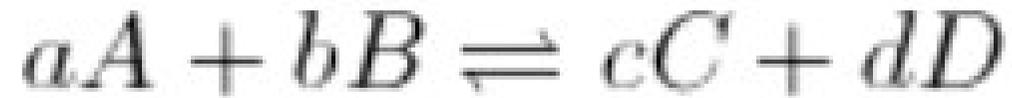
Coefficiente stechiometrico (indica il rapporto numerico con cui le molecole reagiscono tra loro)



Tali reazioni si scrivono con **un'unica freccia** che va dai reagenti verso i prodotti

## La reazione è all'equilibrio

Alcune reazioni chimiche non comportano la completa trasformazione dei reagenti in prodotti ma, **man mano che i prodotti si formano, questi reagiscono tra loro per formare nuovamente i reagenti.**



Reazione diretta e reazione inversa

Reazioni **irreversibili** e Reazioni **reversibili**



# Energia e Materia



Il **metabolismo cellulare** è l'insieme delle reazioni chimiche che si svolgono in una cellula.

Comprende reazioni di sintesi (anaboliche) e di degradazione (cataboliche).

Richiede **materie prime ed energia**.

**METABOLISMO = INSIEME DI REAZIONI CHIMICHE CHE PERMETTONO  
AI SISTEMI VIVENTI DI UTILIZZARE ENERGIA E MATERIA**

Energia = capacità di compiere lavoro

**Forme di energia**

- Meccanica
- Elettrica
- termica (calore)
- Chimica
- Radiante (luce)



**Lavoro cellulare:**

Sintesi di molecole e macromolecole

Trasporto

Movimento

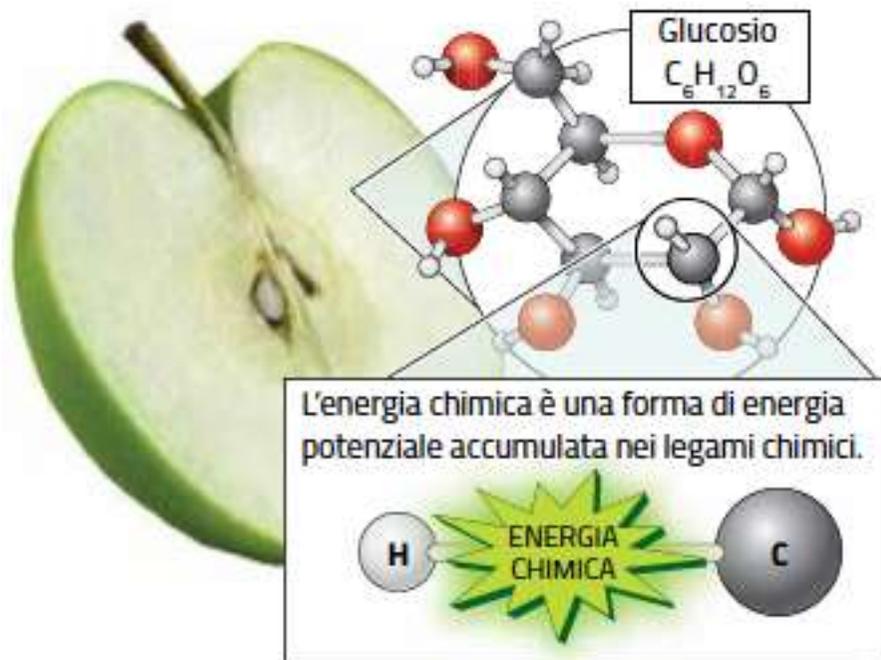
Divisione cellulare

**Una forma di energia si converte in altre**

**I Legge della Termodinamica:**

Il contenuto energetico dell'universo è costante

## Il lavoro cellulare secondo la termodinamica



Le cellule sono sistemi ordinati e richiedono energia per funzionare.

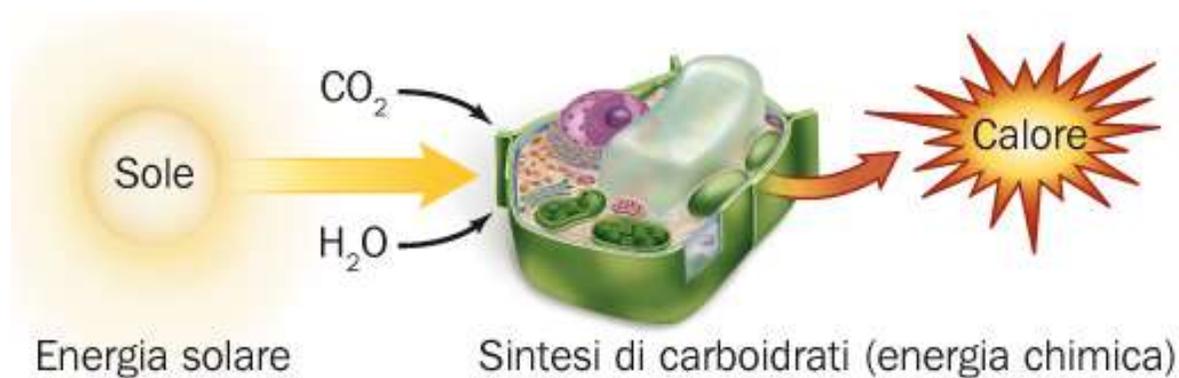
Tutti gli organismi utilizzano l'**energia potenziale chimica** immagazzinata nei legami delle molecole dei nutrienti.

Gli **organismi fotosintetici** sanno trasformare l'energia luminosa in energia chimica.

# Due principi regolano le trasformazioni dell'energia

- **Primo principio della termodinamica** (o principio della conservazione dell'energia) – l'energia non può essere né creata né distrutta, ma può soltanto cambiare da una forma all'altra.
- **Secondo principio della termodinamica** – l'energia non può essere trasformata da una forma all'altra senza una perdita di **energia utile**.

Una conversione di energia aumenta sempre il grado di **entropia** (disordine) di un sistema.



## I Legge della Termodinamica:

Il contenuto energetico dell'universo è costante

**Una forma di energia si converte in altre**

## II Legge della Termodinamica

L'entropia (= S: disordine) dell'universo aumenta sempre ( $\Delta S > 0$ )

**È impossibile convertire l'energia da una forma ad un'altra con un'efficienza del 100%**

## Energia libera

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

$\Delta H$  = variazione di ENTALPIA (: CALORE SCAMBIATO A PRESSIONE COSTANTE - riflette il numero e il tipo di legami che si formano e si scindono)

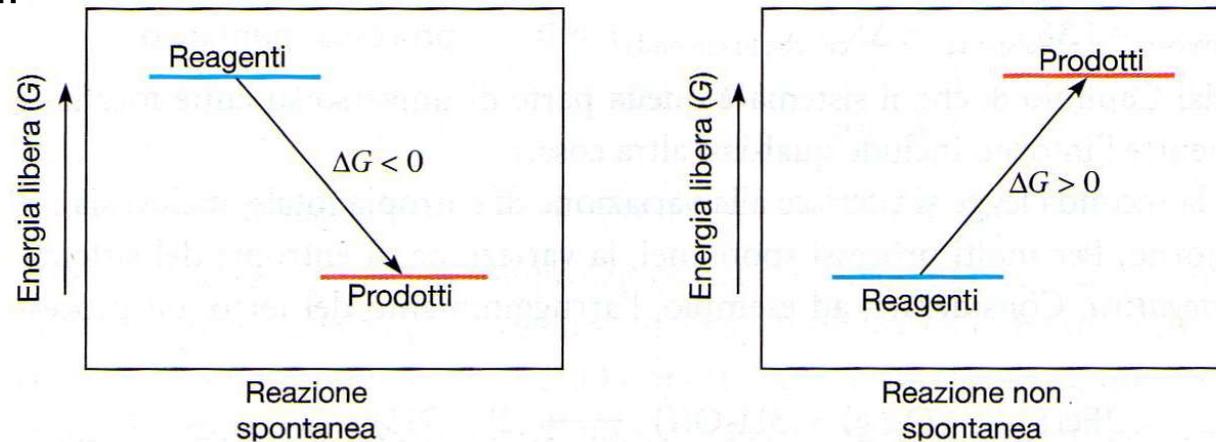
$\Delta S$  = variazione di ENTROPIA (disordine)

# Energia libera di Gibbs

- $\Delta G < 0$     reazione esoergonica, può avvenire spontaneamente
- $\Delta G = 0$     il sistema è all'equilibrio: non c'è variazione netta di reagenti e prodotti
- $\Delta G > 0$     reazione endoergonica: non può avvenire spontaneamente. Ci vuole un *input* esterno di energia per la reazione

## Reazioni chimiche spontanee e non spontanee

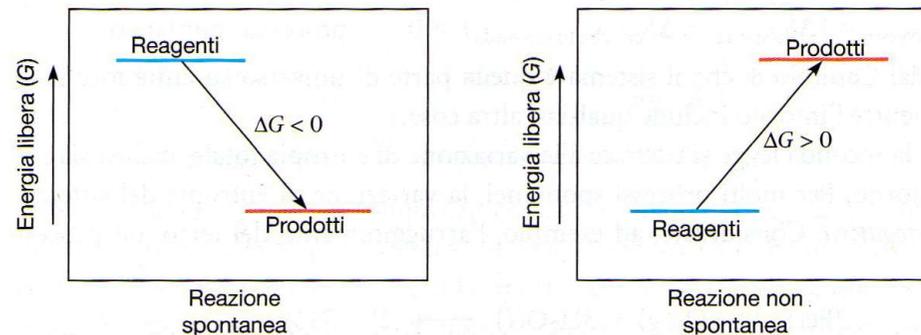
In una reazione chimica spontanea l'energia del sistema diminuisce; l'energia libera dei reagenti è superiore energia libera dei prodotti. In una reazione chimica non spontanea l'energia del sistema aumenta; l'energia libera dei reagenti è inferiore all'energia libera dei prodotti.



**Reazioni esoergoniche:** forniscono energia utile per svolgere le attività cellulari. Sono spontanee. Esempio: glicolisi, respirazione cellulare

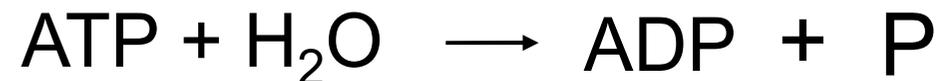
**Reazioni endoergoniche:** consumano energia libera. Non sono spontanee. Esempio: fotosintesi clorofilliana.

Nelle cellule si verificano anche reazioni non spontanee grazie all'apporto esterno di energia.



Reazioni ESOERGONICHE liberano una quantità di energia sufficiente per permettere reazioni ENDOERGONICHE

L'ATP perde facilmente il terzo gruppo fosfato (idrolisi), poiché i prodotti della reazione di scissione sono più stabili della molecola di partenza.



Si tratta di una reazione **esoergonica** (*che libera energia*).

# Il ruolo dell'ATP

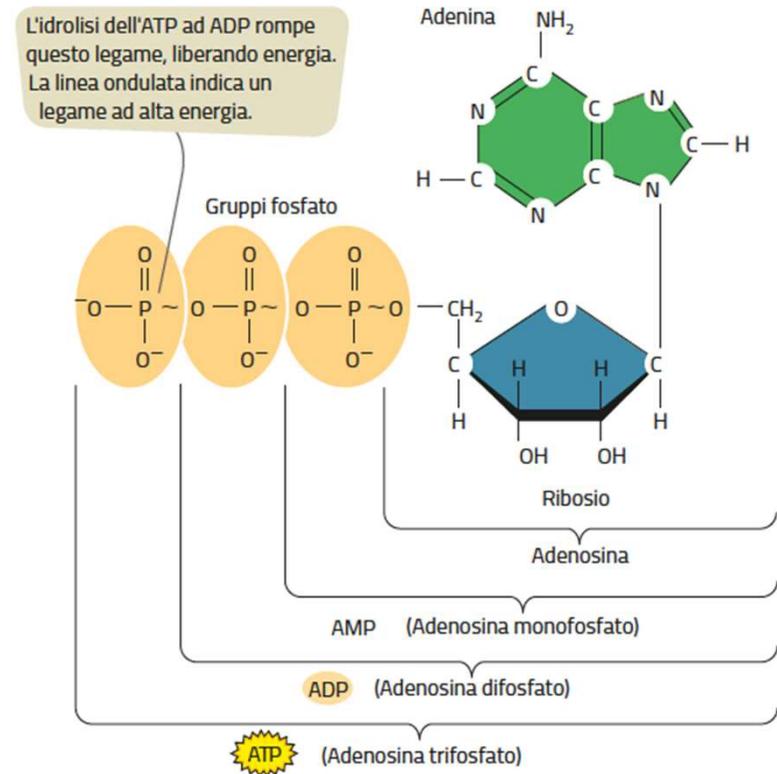
## La struttura

Una molecola di **ATP** è formata dalla base azotata **adenina**, dallo zucchero aldoso a cinque atomi di carbonio **ribosio** e da **tre gruppi fosfato**.

## La funzione

L'ATP svolge due funzioni fondamentali nelle cellule:

- agisce da **agente accoppiante** tra le reazioni endoergoniche e quelle esoergoniche;
- viene usato per la **fosforilazione** dei composti.

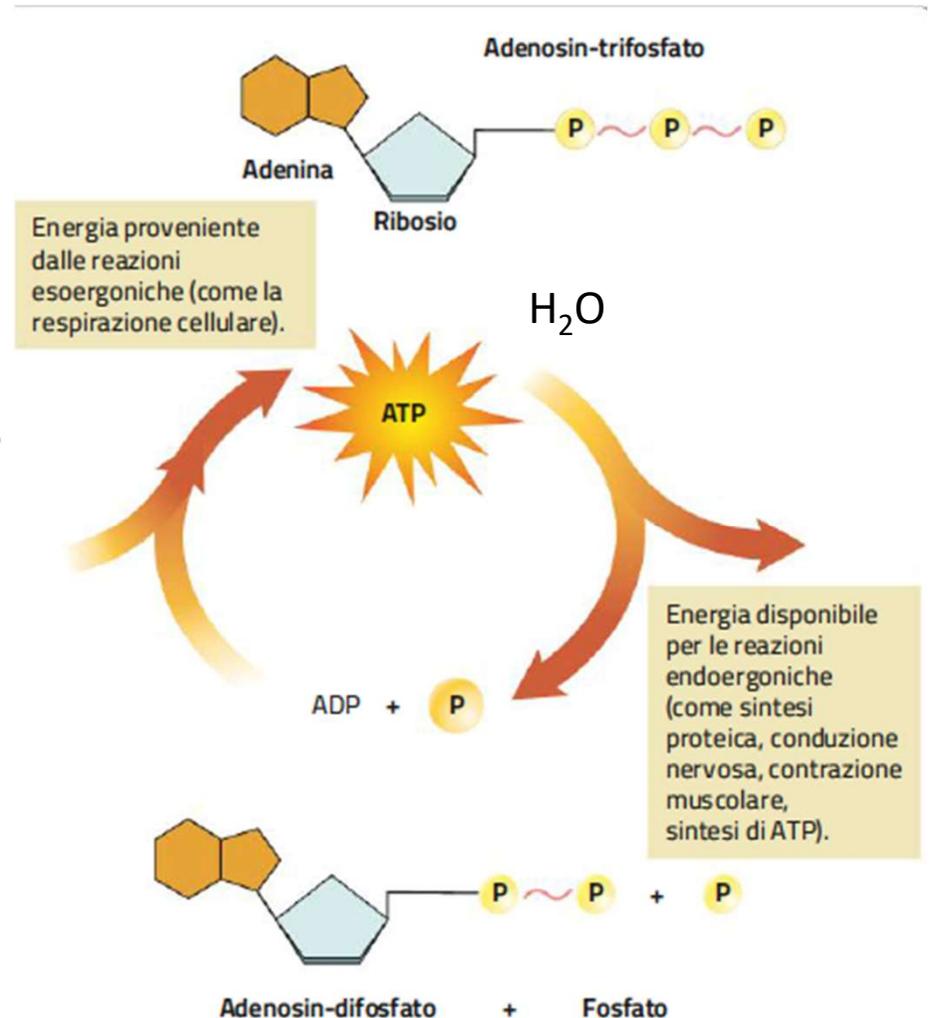


# ATP: energia per il lavoro cellulare

L'ATP perde facilmente il terzo gruppo fosfato, poiché i prodotti della reazione di scissione sono più stabili della molecola di partenza.

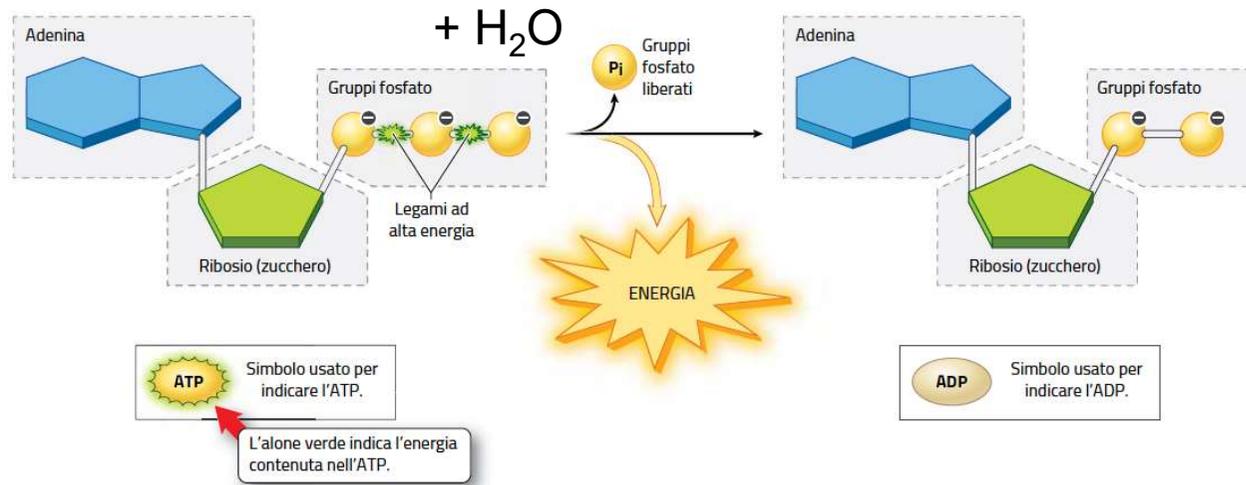
$ATP + H_2O \longrightarrow ADP + P$   
Si tratta di una reazione **esoergonica** (*che libera energia*).

La reazione opposta, di produzione dell'ATP a partire dall'ADP e un gruppo fosfato, è detta **endoergonica**, e avviene soltanto con un *rifornimento di energia*.



# L'ATP è il trasportatore di energia delle cellule

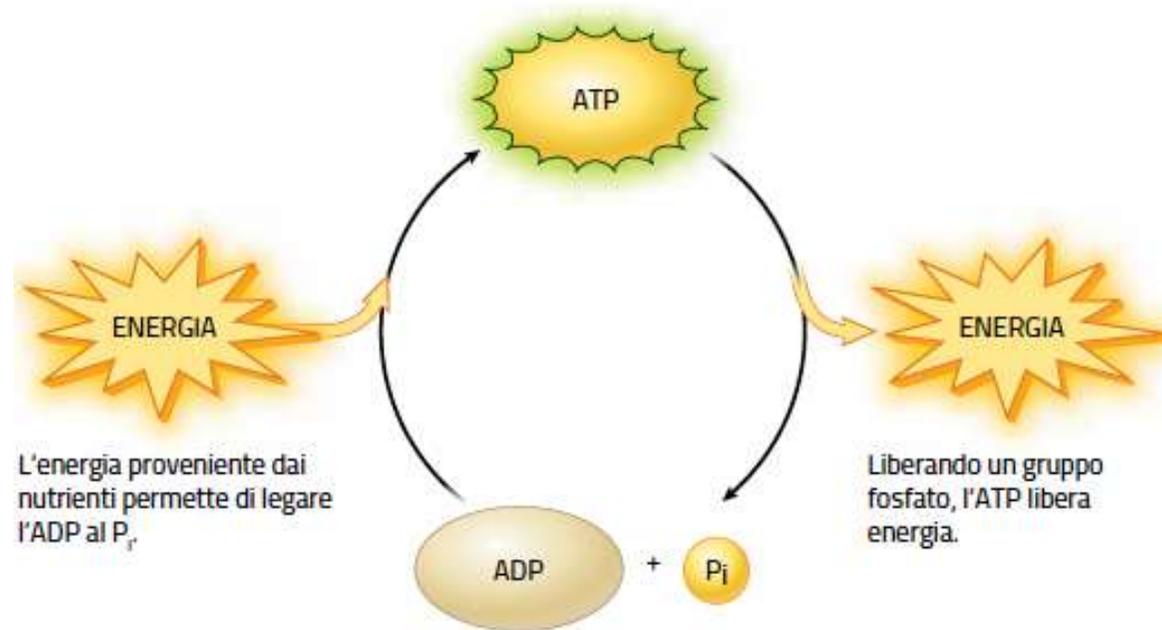
L'ATP è una molecola ad **alta energia**: la rottura dei legami covalenti dei due gruppi fosfato più esterni da parte di un enzima (*idrolisi*) libera infatti molta energia. L'idrolisi dell'ATP libera energia che può essere utilizzata per le reazioni del metabolismo cellulare.



Per contro, la sintesi di ATP, da ADP e  $P_i$ , richiede molta energia.

Energia che si rende disponibile a seguito delle reazioni degradative del catabolismo

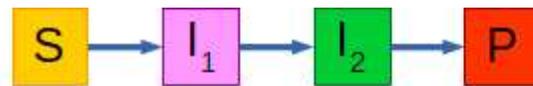
## L'ATP è una piccola «pila» ricaricabile



La molecola di ATP funziona come una pila ricaricabile, la cui energia viene liberata e riacquistata in modo ciclico.

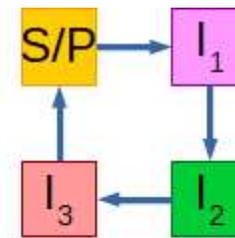
# STRUTTURA DEL METABOLISMO

Una via metabolica è una sequenza di reazioni chimiche i cui prodotti diventano i reagenti della reazione successiva fino alla formazione del metabolita finale.

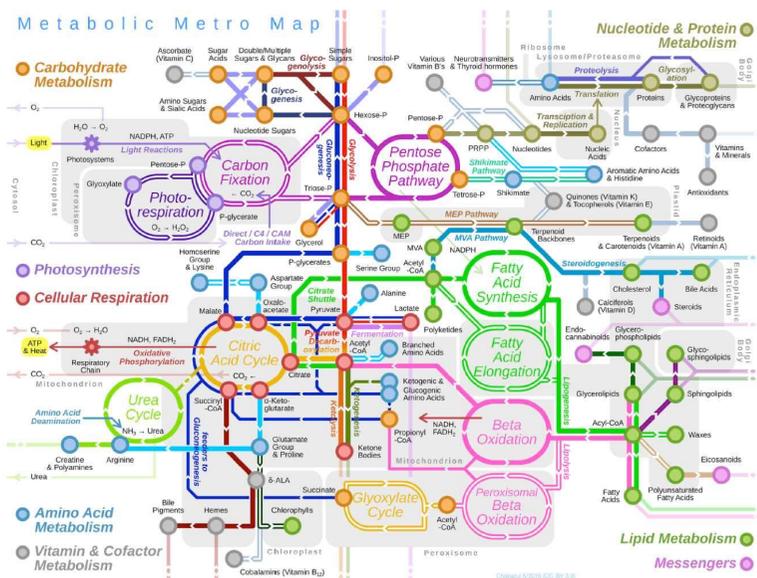


S = substrato  
I = intermedio  
P = prodotto

via metabolica lineare



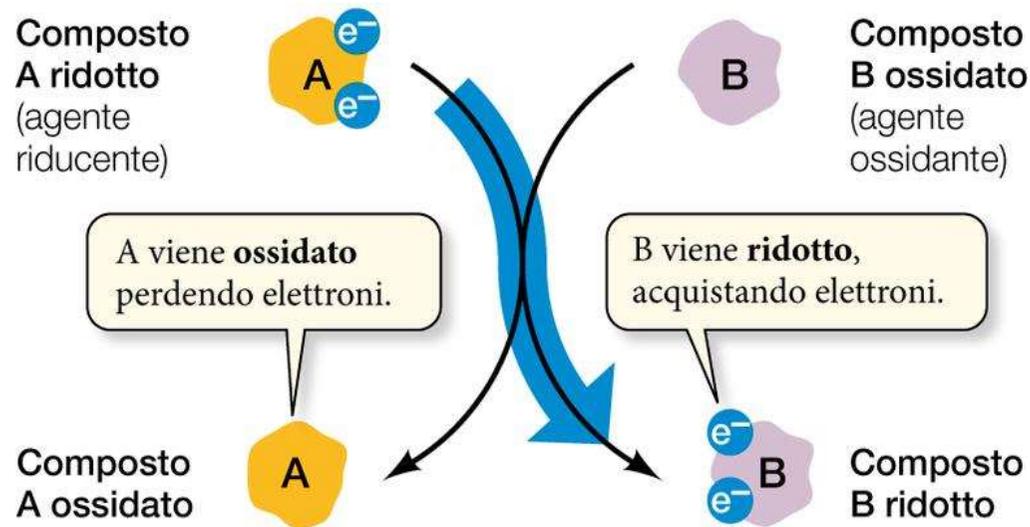
via metabolica ciclica



Le vie metaboliche condividono spesso alcuni intermedi (molecole comuni):  
**PUNTI DI INTERSEZIONE**

# Un tipo di reazione chimica: l'ossidazione

Molte reazioni chimiche nel metabolismo sono reazioni di ossidazione (**redox**), in cui uno o più elettroni sono trasferiti da una sostanza all'altra.



## Ossidoriduzioni nel metabolismo

- un flusso di elettroni produce lavoro (es. : motore elettrico alimentato da una batteria)
- batteria: contiene due specie chimiche aventi affinità diverse per gli elettroni e collegate da un circuito
- la forza che fa muovere gli  $e^-$  (forza elettromotrice) è proporzionale alla differenza di affinità per gli  $e^-$  delle specie chimiche (elettronegatività)

# Ossidoriduzioni nel metabolismo

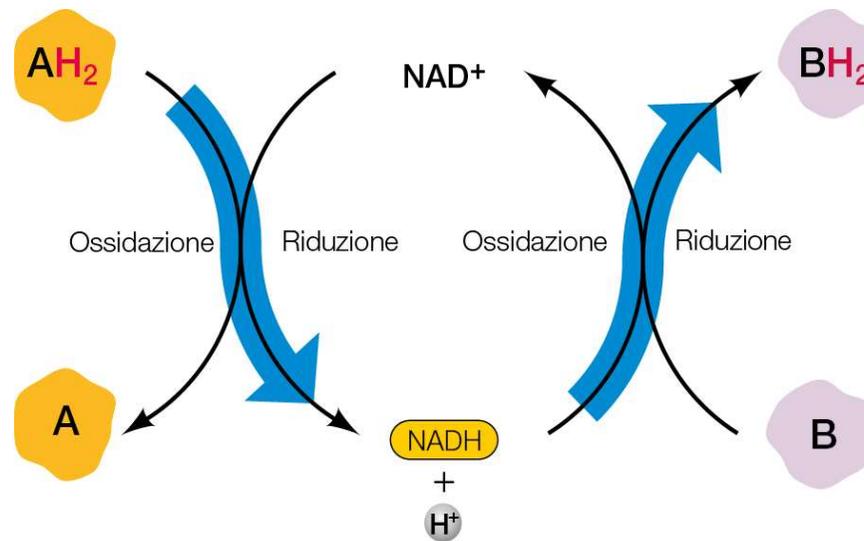
- Le cellule possiedono un *circuito* analogo : i composti ridotti es. glucosio o acidi grassi sono la fonte di  $e^-$
- durante l'ossidazione gli  $e^-$  vengono rilasciati e attraverso piccole tappe vengono raccolti dall'  $O_2$ , *l'acceptore finale*
- questa è una reazione esoergonica perché  $O_2$  è il più elettronegativo degli elementi presenti (altri elementi possono teoricamente funzionare da accettori finali di elettroni)

Quasi tutte le trasformazioni energetiche che avvengono nelle cellule utilizzano un **flusso di elettroni** che va da una molecola all'altra

## Il ruolo del NAD

Il nicotinammide adenin difosfato (**NAD**) è un coenzima, ovvero una molecola che partecipa a una via metabolica e favorisce il trasferimento degli elettroni.

E' un grado di ricevere elettroni, riducendosi a NADH e di cedere elettroni, ossidandosi a NAD<sup>+</sup>



# Le trasformazioni chimiche nella cellula

Il metabolismo energetico di tutti gli organismi si basa su **reazioni di ossidoriduzione**, in cui agenti ossidanti acquistano elettroni dal substrato che deve essere ossidato, riducendosi a loro volta.

Il **FAD** e il **NAD<sup>+</sup>** sono i principali agenti ossidanti delle reazioni redox cellulari.

I due coenzimi legano gli elettroni trasformandosi nella forma ridotta, rispettivamente, **FADH<sub>2</sub>** e **NADH**.

**FADH<sub>2</sub>** e **NADH** trasferiscono gli elettroni nella catena di trasporto elettronico fino all'ossigeno, gettando le basi per la produzione della maggior parte dell'energia.