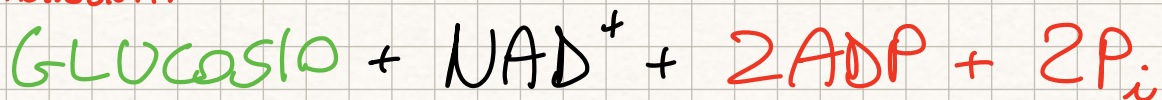


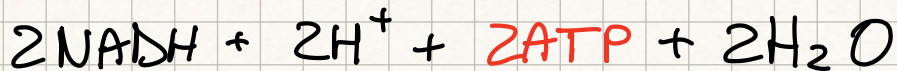
# GLICOLISI

- I SUOI METABOLITI INTERMEDI PARTECIPANO AD ALTRE VIE METABOLICHE
- VIA APERTA DA CUI GLI INTERMEDI POSSONO ENTRARE E USCIRE

## REAGENTI:



## PRODOTTI



NAD =  
NICOTINAMIDE  
ADENINA  
DINUCLEOTIDE

## APPUNTI SPIEGAZIONE

- $\text{NAD}^+$  È LA FORMA OSSIDATA CHE FUNGE DA RIDUCENTE INFATTI IL GLUCOSIO SI OSSIDA NAD SI RIDUCE
- ABBIAMO BISOGNO DI  $2\text{ADP} + 2\text{P}_i$  IN MODO DA FORMARE: 2 MOLECOLE DI PIRUVATO (TRIOSO, MOLECOLA IN CUI SI SCINDE IL GLUCOSIO)
- LE 2 MOLECOLE DI  $\text{NAD}^+$  DIVENTANO DUE MOLECOLE DI  $\text{NADH} + 2\text{H}^+$  (QUINDI SI È RIDOTTO X PERMETTERE L'OSSIDAZIONE DEL GLUCOSIO)
- 2 MOLECOLE DI ATP ( $\rightarrow 2\text{ADP} + 2\text{P}_i$ )

## LE REAZIONI DELLA GLICOLISI

È COSTITUITA DA 10 REAZIONI CATALIZZATE CIASCUNA DA UN ENZIMA SPECIFICO, COME SONO TUTTI GLI ENZIMI, ALTAMENTE SPECIFICI SI PARTE DA UNA

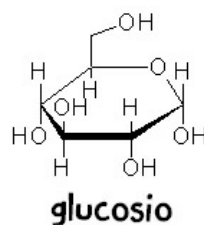
1 MOLECOLA DI  
GLUCOSIO  
6 ATOMI DI C.



PIRUVATO  
3 ATOMI DI C.

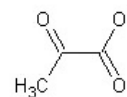
+

PIRUVATO  
3 ATOMI DI C.



+ ATP

glicolisi  $\rightarrow$



• È un processo ] → ENERGIA  
ESOERGONICO ] LIBERATA

• COME TUTTI I ] → AVVIENE  
PROCESSI ] L'ACCOPIAMENTO  
ACCOPIATI ] ENERGETICO

PERCHÉ?

CI SONO DELLE  
TAPPE ESOERGONICHE  
CHE SERVONO PER  
SINTETIZZARE LE  
ADP

ALLA FINE OTTERREMO  
LE **ADP** IN FORMA  
RIDOTTA

NONOSTANTE SIA un processo ESOERGONICO  
È COSTITUITO DA 2 FASI

1) ENDOERGONICA: FASE DI ATTIVAZIONE (GLUCOSIO ATTIVATO DA 2 MOLECOLE DI ATP)

ENTRA: 1 GLUCOSIO

ESCE: 2 G3P (GLICERALDEIDE 3 FOSFATO)

BILANCIO: - 2 ATP

2) ESOERGONICA: PRODUCE 4 MOLECOLE DI ATP

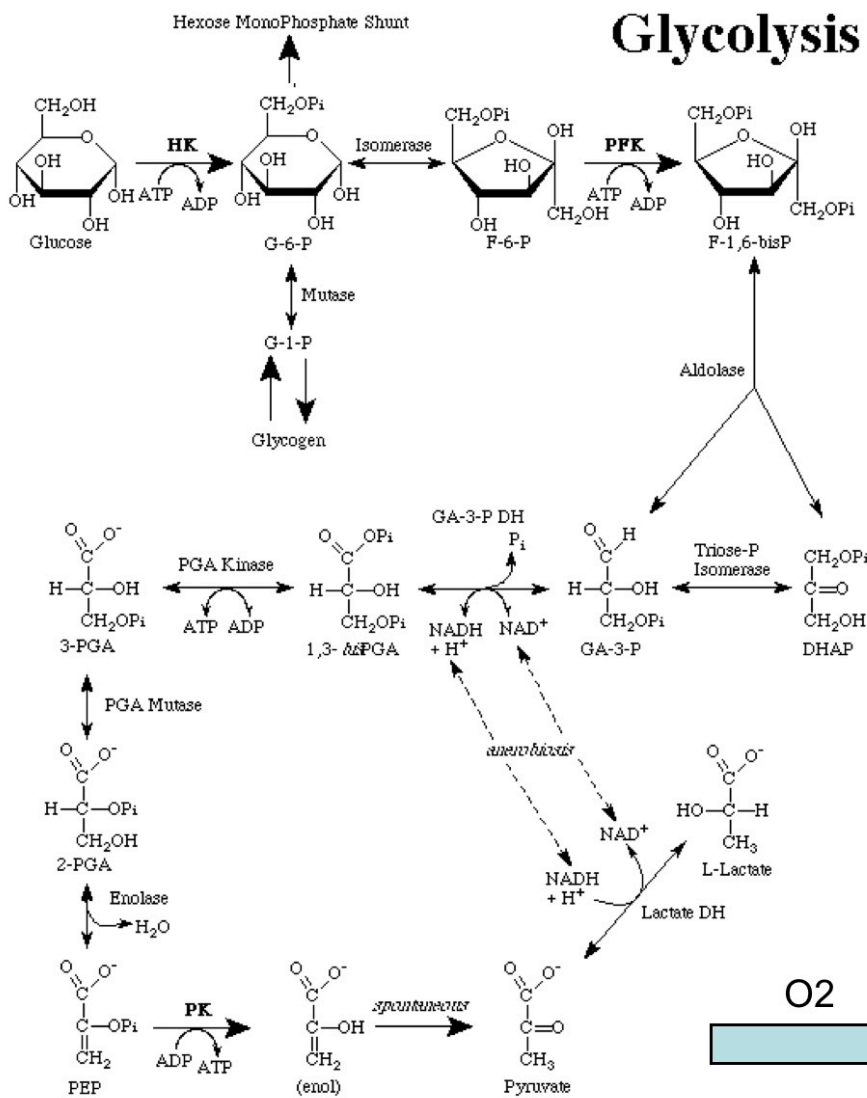
ENTRA: 2 G3P

ESCE: 2 PIRUVATO

BILANCIO: +4 ATP

+2 NADH

BILANCIO NETTO: + 2 ATP



10 reazioni

2 FASI:

fase preparatoria,  
reazioni 1-5

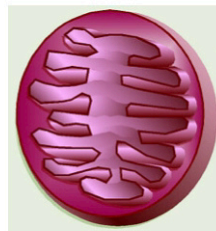
(FASE ENDOERG)

fase del recupero  
dell'energia, reazioni 6-10

(FASE ESOERGONICA)

PIRUVATO =  
CHETOACIDO

O<sub>2</sub>



Krebs

ETC

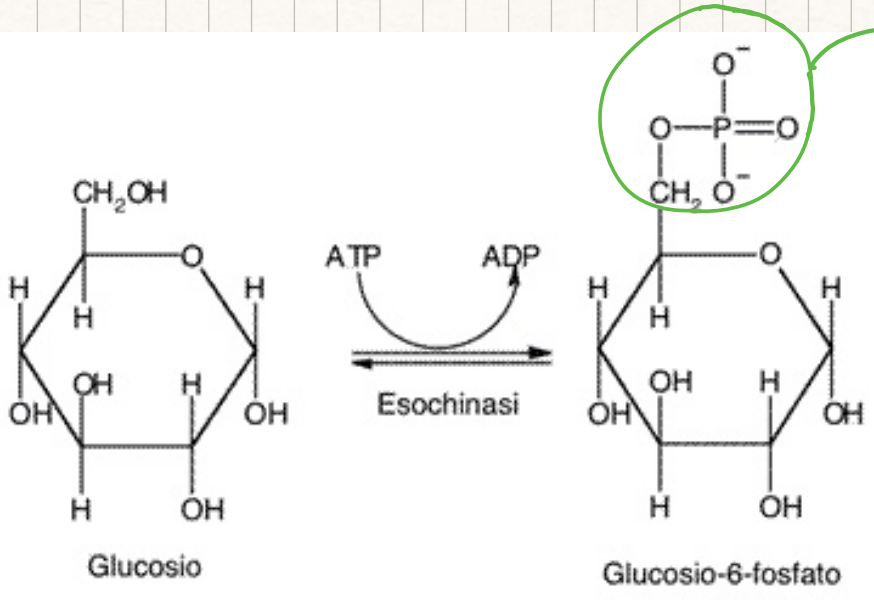


# REAZIONE 1: (FOSFORILAZIONE GLUCOSIO)

ENZIMA: **ESO-CHINASI**  
 $AlC_6 + UN GRUPPO FOSFATO$

## FOSFORILAZIONE DEL GLUCOSIO

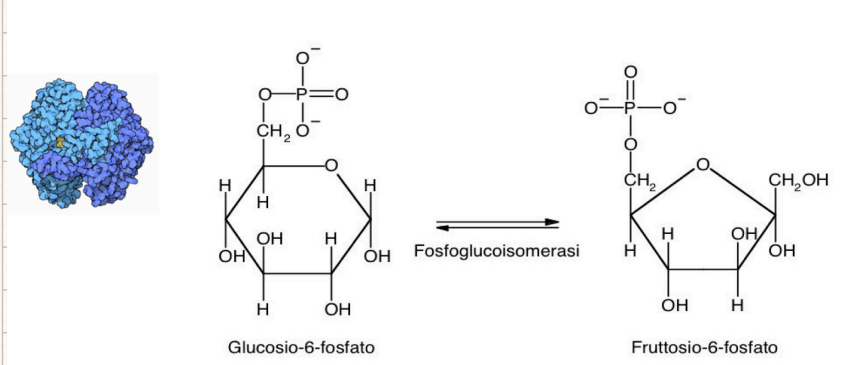
(DA DOVE PUO' DERIVARE) → ATP



- GRUPPO FOSFATO**
- REAZIONE ENDOERGOICA
  - ATP SVOLGE 2 FUNZIONI
  - CEDE GRUPPO P
  - LIBERA ENERGIA X LA FOSFORILAZIONE

# REAZIONE 2: (ISOMERIZZAZIONE)

• AVVIENE UNA ISOMERIZZAZIONE DEL GLUCOSIO =

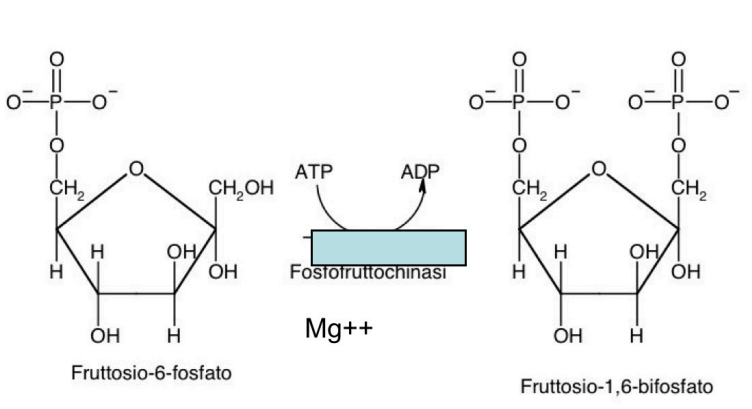


**FOSFOGLUCOISOMERASI**  
 QUELLO CHE VIENE ISOMERATO E' UN FOSFO-GLUCOSIO  
 → SVOLGE UNA ISOMERASI

$\Delta G^{\circ} = +1,7 \text{ kJ/mole}$   
 $\Delta G = -2,5 \text{ kJ/mole}$

# REAZIONE 3: (FOSFORILAZIONE)

ENZIMA:

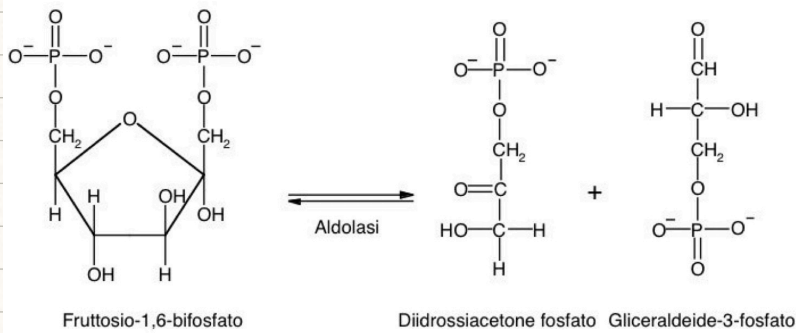


• **FOSFOFRUTTO-CHINASI**  
 TRASFERIMENTO DI GRUPPO FOSFATO DA ATP A MOLECOLA

• RICHIEDE IDROLISI ATP X ENERGIA

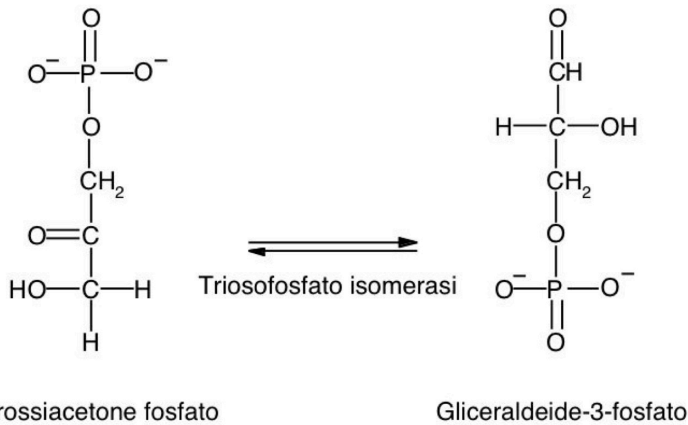
ABBIAMO TRASFORMATO UNA MOLECOLA STABILE (GLUCOSIO) IN UNA INSTABILE FRUTTOSIO-1,6-BIFOSFATO

# REAZIONE 4: SCISSIONE



- SCISSO IN 2 TRIOSI DA UN ENZIMA DETTO **ALDOLASI**
- SI ROMPE LA CICLIZZAZIONE
- SI FORMA **CHETONE + ALDEIDE** (IN EQUILIBRIO TRA LORO)
- ↓
- GRAZIE AD UNA REAZIONE DI ISOMERIZZAZIONE (REAZIONE 5)

# REAZIONE 5 (ISOMERIZZAZIONE)



↓  
CATALIZZATA DA QUESTO ENZIMA:

**TRIOSO FOSFATO - ISOMERASI**

**FINE FASE ENDOERGONICA**

- SI FORMANO UN **GLICERALDEIDE** e UN **DIIDROSSIACETONE FOSFATO**
- SONO IN EQUILIBRIO TRA LORO
- NELLA **REAZIONE 6** LA **GLICERALDEIDE** VIENE OSSIDATA, QUINDI SCOMPARE
- QUINDI IL **DIIDROSSIACETONE FOSFATO** CHE SI ERA FORMATO PRIMA DIVENTA **GLICERALDEIDE**
- POSSIAMO DIRE CHE SI HANNO **2 GLICERALDEIDE**

# REAZIONE 6

(ANCHE SE NOI VEDREMO SOLO UN GLICERALDEIDE NELLE PROSSIME TAPPE, IN REALTA' NE ABBIAMO 2)

(INIZIO FASE ESNERGONICA)

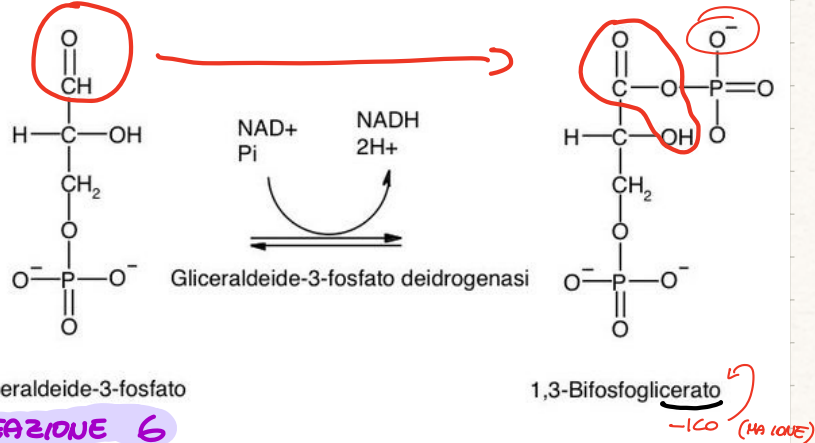


LA GLICERALDEIDE VA INCONTRO AD UNA OSSIDAZIONE

• INTERVIENE L'ENZIMA DEIDROGENASI CHE HA COME COENZIMA:

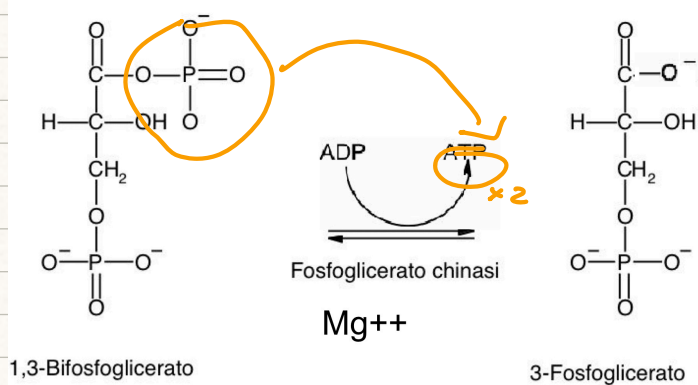
NAD  
AVVIENE: • OSSIDAZIONE  
• FOSFORILAZIONE

(NO CONSUMO ATP)



→ (DA UN FOSFATO LIBERO NEL CITOPLASMA  $P_i$ )

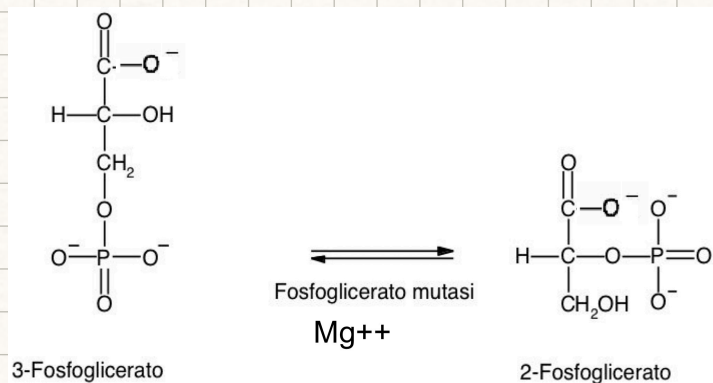
## REAZIONE 7 (FOSFORILAZIONE A LIVELLO DEL SUBSTRATO)



- 1-3-BIFOSFOGLICERATO PERDE UN GRUPPO FOSFATO
- IL  $P_i$  SI UTILIZZA PER LA SINTESI DI **ATP**
- DIVENTA COSÌ DA ACIDO A 3 FOSFOGLICERATO

(ESEMPIO DI ACCOPPIAMENTO ENERGETICO) (2 MOLECOLE DI ATP)

## REAZIONE 8 (ISOMERIZZAZIONE)

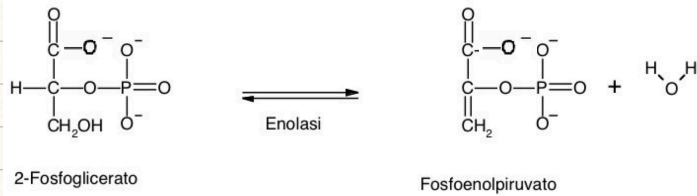


ENZIMA:

FOSFOGLICERATO **MUTASI**

- QUESTA FASE COMPORTA SOLTANTO LO SPOSTAMENTO DEL **FOSFATO** DAL CARBONIO 3 AL CARBONIO 2

## REAZIONE 9 (DISIDRATAZIONE)



- IL 2 FOSFOGLICERATO VIENE DISIDRATATO, PERDE H<sub>2</sub>O

- DIVENTA GRUPPO ENOLICO

(PIRUVATO + GRUPPO ENOLICO)



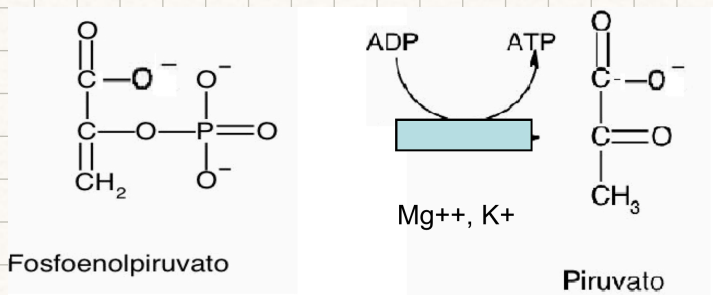
FOSFOENOLPIRUVATO

ENOLO:

ALCHENE + ALCOL

## REAZIONE 10

(FOSFORILAZIONE A LIVELLO DI SUBSTRATO ADP)



- IL FOSFOENOLPIRUVATO PERDE IL GRUPPO FOSFORICO

- DIVENTA PIRUVATO (CHETOACIDO)

## I prodotti della glicolisi anaerobica

- 2 molecole di piruvato
- 4 molecole di ATP (meno le due usate per l'attivazione del glucosio)
- 2 molecole di NADH



# REGOLAZIONE DELLA GLICOLISI

Nei tessuti, la glicolisi è molto regolata, così che le cellule possono modulare velocemente il processo.

Il controllo degli enzimi chiave della glicolisi avviene attraverso effettori allosterici e modificazioni covalenti (fosforilazione).

## ATTIVAZIONE: FOSFOFRUTTOCHINASI e PIRUVATO CHINASI

CARENZA energetica (ADP, AMP)

Disponibilità di glucosio in cellula

Presenza in cellula di NAD<sup>+</sup>

## INIBIZIONE: FOSFOFRUTTOCHINASI e PIRUVATO CHINASI

ECCESSO energetico (ATP)

elevata concentrazione glucosio-6 fosfato → inibizione  
**ISOCHINASI** (allo scopo di promuovere sintesi di glicogeno).

# DESTINO DEL PIRUVATO

- **In presenza di ossigeno:** il piruvato entra nel mitocondrio, subisce una **decarbossilazione ossidativa** e trasformato in acetil-CoA che, a sua volta, entra nel **ciclo di Krebs**.  
L'ossidazione continua poi in **catena respiratoria**.
- **In assenza di ossigeno** (anossia): nel citoplasma il piruvato può essere convertito attraverso la **fermentazione** in molteplici prodotti finali a seconda degli enzimi presenti; tutte queste reazioni hanno comunque lo scopo di riossidare il NADH, coenzima della Gliceraldeide-3-PDH.

# Decarbossilazione Ossidativa del piruvato

PRIMA DI POTER ENTRARE NEL CICLO DI **KREBS**



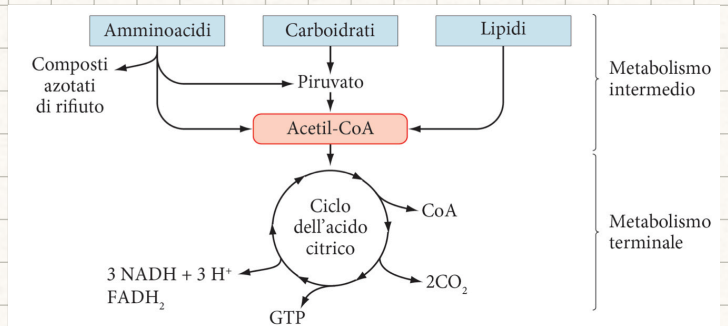
LO SCHELETRO CARBONIOSO DEGLI **ZUCCHERI**, **ACIDI GRASSI** e DI ALCUNI **AMMINOACIDI** DEVE ESSERE **DEGRADATO** AL **GRUPPO ACETILICO** DELL' **ACETIL COA**

LA FORMA SOTTO CUI È POSSIBILE ENTRARE NEL CICLO DI **KREBS**



QUINDI I VARI NUTRIENTI DEVONO SUBIRE TALE TRASFORMAZIONE PRIMA DI ENTRARE NEL CICLO

ALCUNI AMMINOACIDI POSSONO ENTRARE NEL **CICLO** ATTRAVERSO INTERMEDII DIVERSI DALL' **ACETIL-COA**



CI OCCUPEREMO DELLA TRASFORMAZIONE DI

**PIRUVATO** → **ACETIL-COA**

AVVIENE GRAZIE A QUESTO ENZIMA:

**PIRUVATO DEIDROGENASI**

È UN COMPLESSO MULTI-ENZIMATICO

• **FORMATO DA 3 ENZIMI**

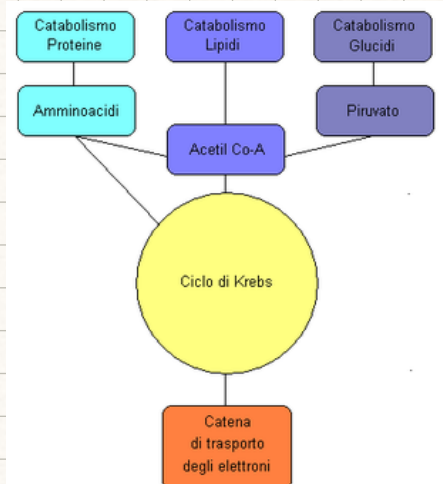
• **FUNZIONE:**

QUESTO COMPLESSO (PDC) **ACETIL-COA** TRASFORMA **PIRUVATO** → **CO<sub>2</sub>**

• **LOCALIZZAZIONE:**

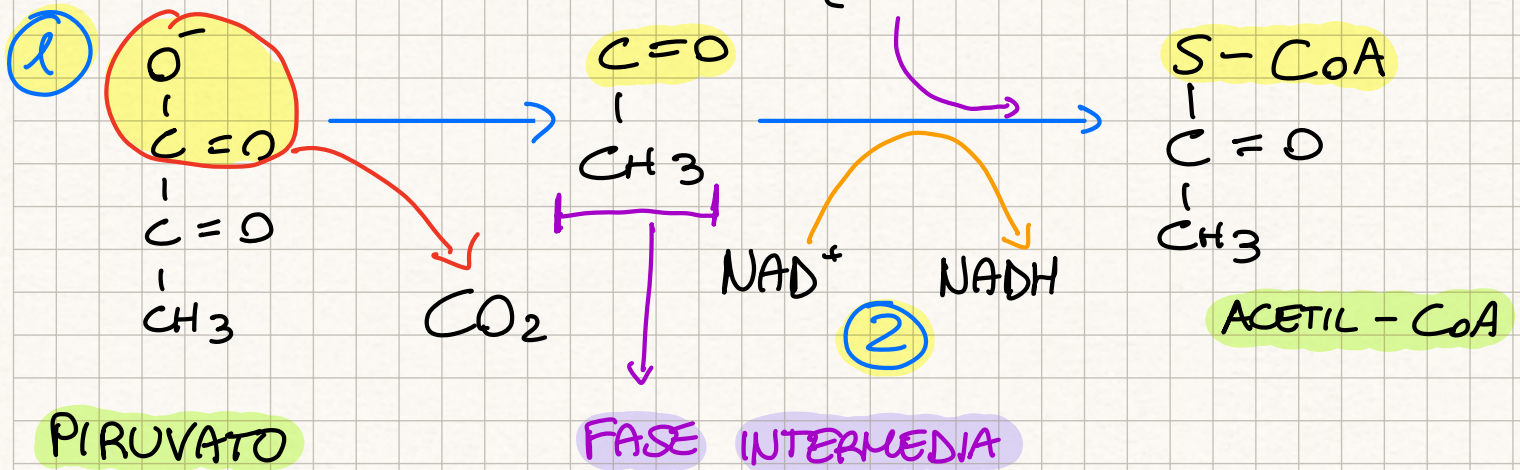
PROCARIOTI (CITOSOL)

EUCARIOTI (MITOCONDRI)





# LA REAZIONE:



- LA REAZIONE COMPLESSIVA CATALIZZATA DAL COMPLESSO DELLA PHD È LA **DECLARBOSSILAZIONE OSSIDATIVA** (SPIEGAZIONE NOME):

## SPIEGAZIONE NOME REAZIONE:

- DECLARBOSSILAZIONE** PERCHÉ NELLA PRIMA FASE AVVIENE LA **REMOZIONE** DEL GRUPPO CARBOSSILICO ( $\text{COO}^-$ ) SOTTO FORMA DI  $\text{CO}_2$  ①
- OSSIDATIVA** PERCHÉ SI FORMA **NADH** CHE PORTA CON SÈ UNO **IONE IDRURO** CON I SUOI DUE ELETTRONI ( $\text{H}^-$ ) ALLA CATENA RESPIRATORIA DOVE POTRÀ AVVENIRE LA PRODUZIONE DI ENERGIA ②

**NAD:** Nicotinammide adenina dinucleotide

COSA ACCADE ORA?

(ULTIMO COMPONENTE DEL CICLO DI KREBS)

ACETIL-CoA + ACIDO OSSALACETICO

ATTRAVERSO LA CITRATO-SINTASI

FORMERÀ IL **CITRATO** ⇒ **INIZIA IL CICLO**

# CICLO DI KREBS

- CICLO DEGLI ACIDI - DIETRI - CARBOSSILICI
- CICLO DELL' ACIDO CITRICO
- **PROCESSO AEROBIO**
- MITOCONDRI (EUCARIOTA)
- CITOPLASMA (PROCARIOTI)

È UNA VIA **METABOLICA ANFIBIOTICA**

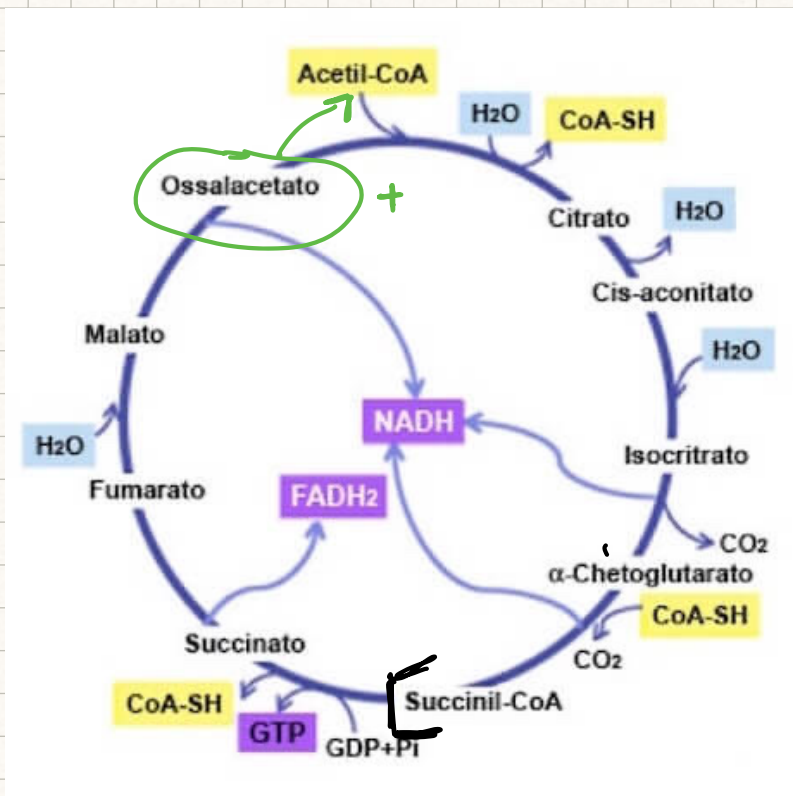
(PARTECIPA SIA A PROCESSI CATABOLICI SIA ANABOLICI)

A PARTIRE DALL' **INTERMEDIO** DEL CICLO SI POSSONO SINTETIZZARE ALTRE SOSTANZE

+ QUESTO

È UNA VIA ANFIBIOTICA

IL CICLO DI KREBS È COSTITUITO DA **8 REAZIONI**



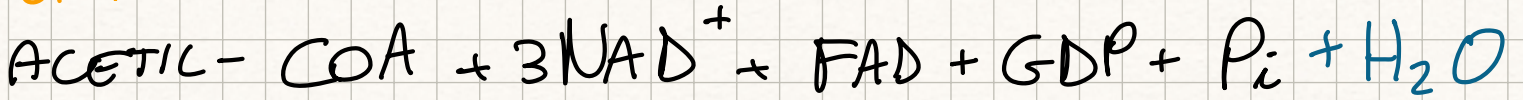
- **GTP** → DIVENTA SUBITO **ATP**
- **CITRATO** (ISOMERIZZAZIONE) ↓ **ISOCITRATO**



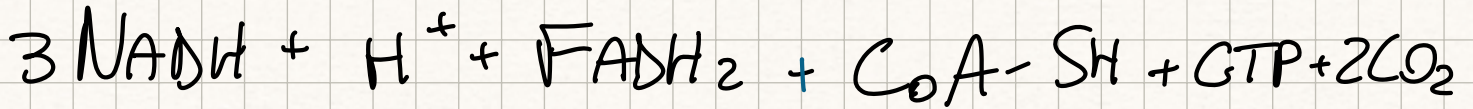
# BILANCIO (x UN CICLO DI KREBS)

(DAL GLUCOSIO SI FA x 2)

ENTRA



ESCE



4 TAPPE OSSIDATIVE

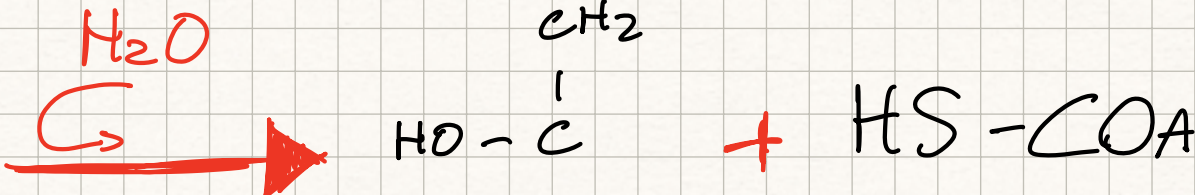
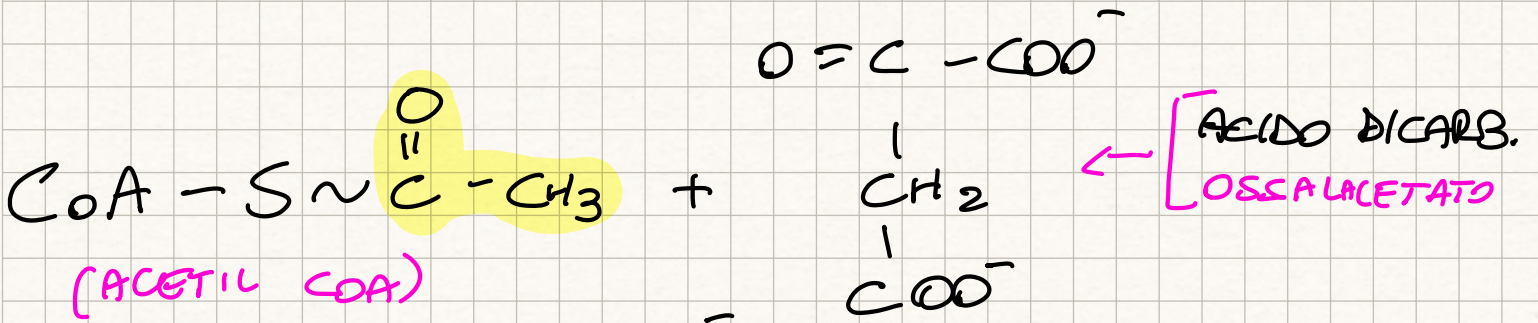
NAD e FAD = OSSIDAZIONE  
(3) + (1)

2 DECARBOSSILAZIONE

CICLO DI RICICLO

ACETIL-COA

## I TAPPA ~ ACETIL-COA (CONDENSAZIONE)

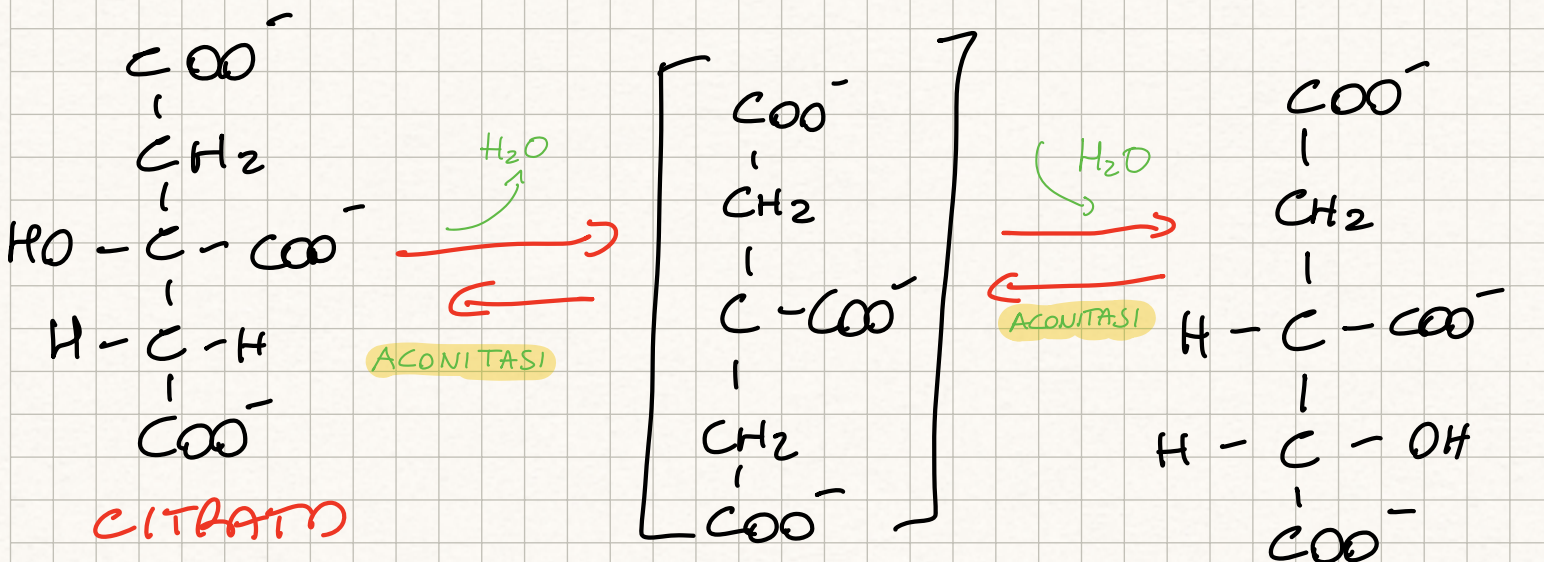


→ A. TRICARB. CITRATO

(IRREV)

# FASE 2: (ISOMERIZZAZIONE)

# ISOMERIZZAZIONE DEL CITRATO AD ISOCITRATO (ENZIMA: ACONITASI)



AI DUE LATI DEL  
C-COO<sup>-</sup> È  
SIMMETRICO

← **CIS**-ACONITATO

↳ FASE INTERMEDIA

ISOCITRATO

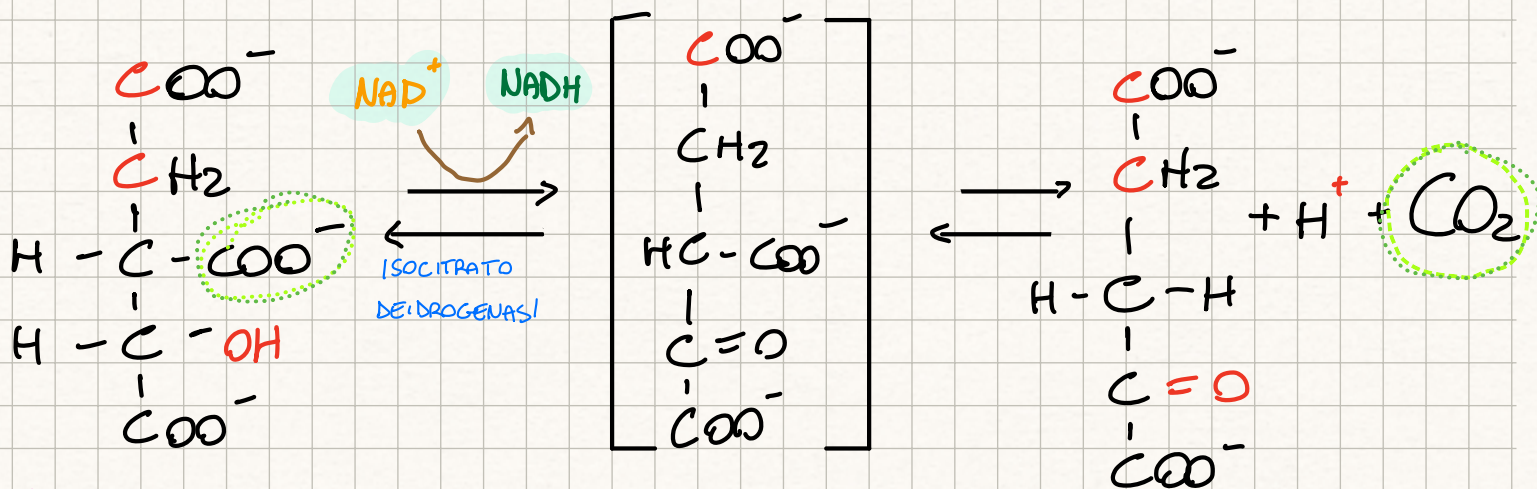
LA **ACONITASI** CATALIZZA LA ISOMERIZZAZIONE DEL **CITRATO**  
AD **ISOCITRATO** ATTRAVERSO LA FORMAZIONE DI

**CIS-ACONITATO** : REAZ. REV.

# FASE 3

# OSSIDAZIONE e DECARBOSSILAZIONE DELL' ISOCITRATO

(ENZIMA: **ISOCITRATO DEIDROGENASI**)



ISOCITRATO

OSALSUCCINATO

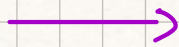
2 CHETOGLUTARATO



## FASE 3 - APPUNTI

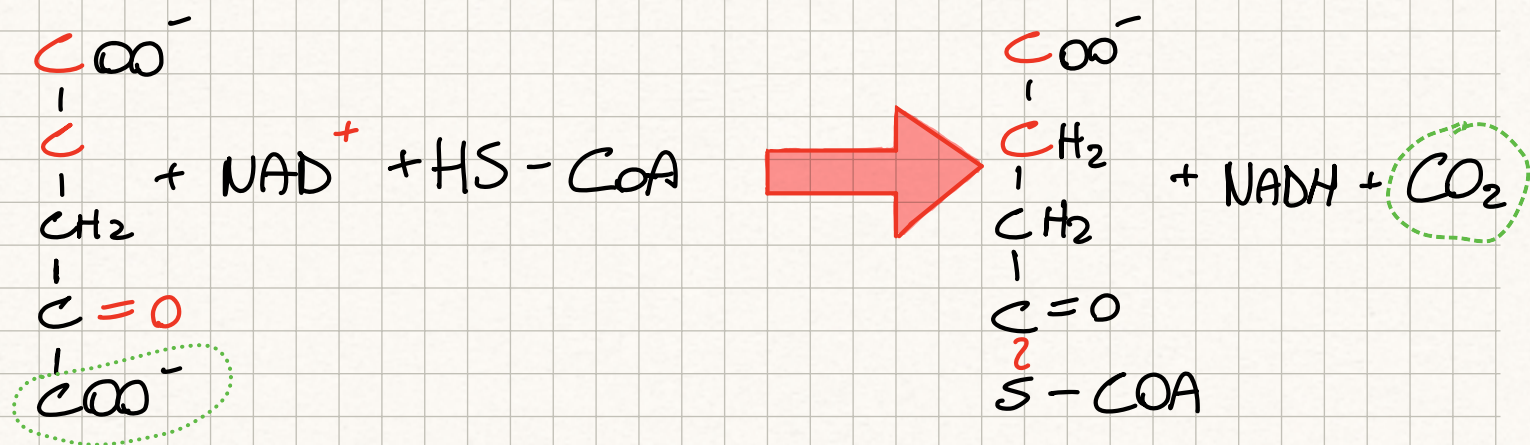
- L'ENZIMA CATALIZZA L'OSSIDAZIONE DELL'ISOCITRATO AD OSSALSUCCINATO, CHE GENERA NADH A PARTIRE DA NAD<sup>+</sup>

- DECARBOSSILAZIONE: CHE PORTA ALLA FORMAZIONE DI  $\alpha$ -CHETOGLUTARATO



## REAZIONE 4: OSSIDAZIONE E DECARBOSSILAZIONE DELL' $\alpha$ -CHETOGLUTARATO A SUCCINIL-COA

(ENZIMA:  $\alpha$ -CHETOGLUTARATO DEIDROGENASI)



$\alpha$ -CHETOGLUTARATO

SUCCINIL-COA

APPUNTI LEZIONE: (REAZIONE ENDERGONICA)

- DECARBOSSILAZIONE = SI FORMA CO<sub>2</sub>
- OSSIDAZIONE = SI FORMA NADH
- REAZIONE IN CUI SI LEGA IL COENZIMA-A E SI FORMA IL LEGAME AD ALTA ENERGIA

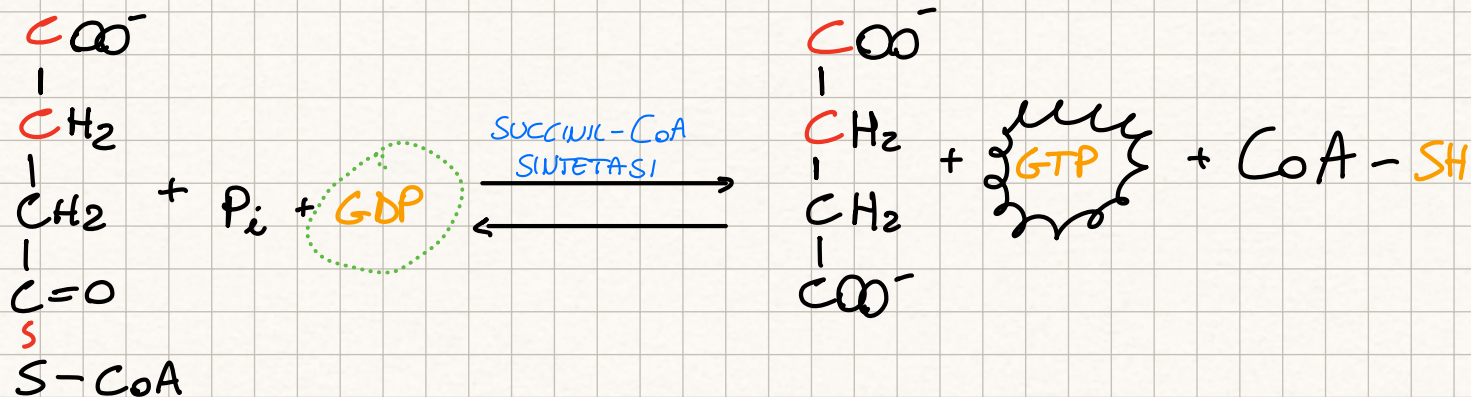
### RICORDA:

Dobbiamo tenere il conto di quante molecole di NADH+ si formano in ciascun processo

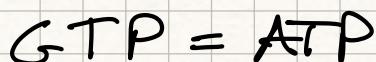
- 2 nella Glicolisi
- 2 nella decarbossilazione ossidativa
- 3 nel ciclo di Krebs

# REAZIONE 5 (ENZIMA: SUCCINIL-CoA SINTETASI)

(TRASFORMAZIONE DEL SUCCINIL-CoA A SUCCINATO)



TAPPA ESOERGONICA: PRODUCE ENERGIA ROMPENDOSI IL DOPPIO LEGAME

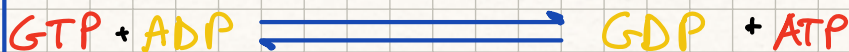


GDP: GUANOSINA DIFOSFATO

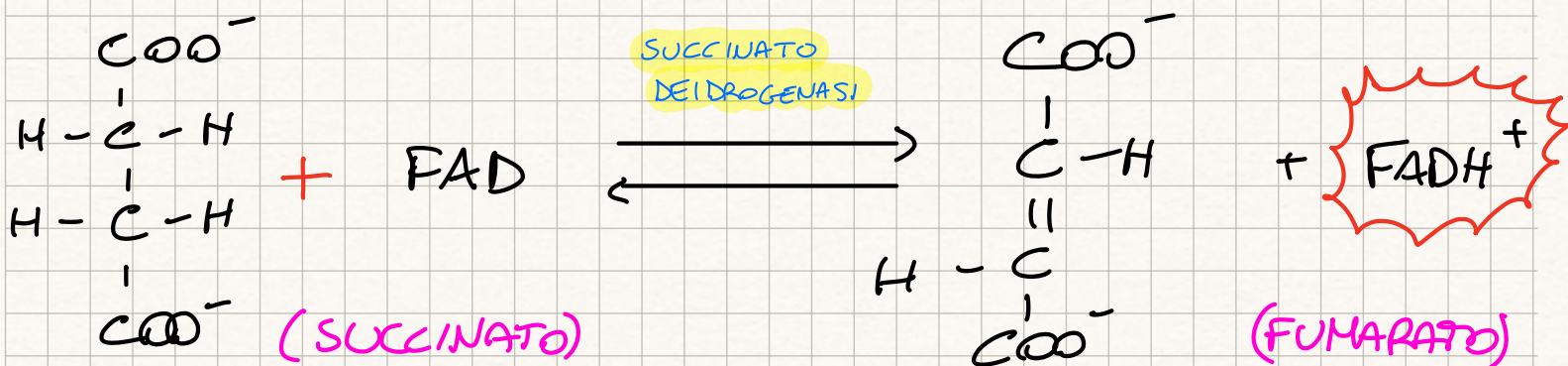
L'ENZIMA CATALIZZA LA FORMAZIONE DI SUCCINATO A PARTIRE DAL TIOSTERE AD ALTA ENERGIA: SUCCINIL-CoA

L'ENERGIA PROVIENENTE DAL TIOSTERE VIENE UTILIZZATA PER FOSFORILARE IL NUCLEOIDE DIFOSFATO PURINICO GDP a GTP POI TRASFORMATO IN ATP

FOSFORILLAZIONE A LIVELLO DEL SUBSTRATO



# REAZIONE 6: OSSIDAZIONE DEL SUCCINATO A FUMARATO



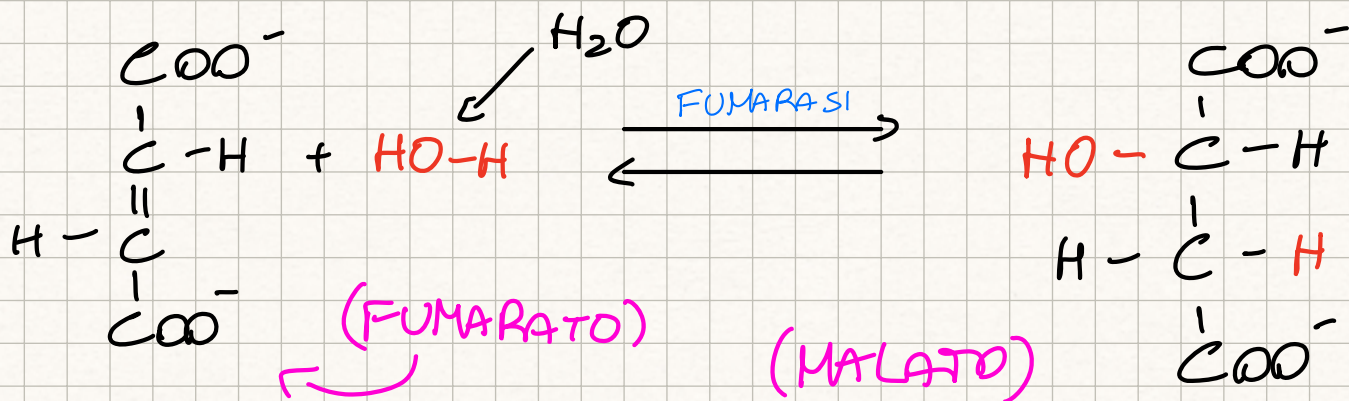
IL SUCCINATO VA INCONTRO AD UNA ALTRA OSSIDAZIONE L'ENZIMA USA COME CO-ENZIMA FAD (FAD = FLAVINA ADENINA DINUCLEOTIDE) FAD SI RIDUCE e SUCCINATO SI OSSIDA



La **succinato deidrogenasi** è un complesso enzimatico situato sulla membrana mitocondriale interna tale posizione È funzionale al coinvolgimento del enzima della catena di trasporto degli elettroni. Gli elettroni *passati* sul FAD Vengono dunque immessi direttamente nella catena, Grazie al legame covalente tra l'enzima e FAD

## REAZIONE 7: IDRATAZIONE DEL FUMARATO A MALATO

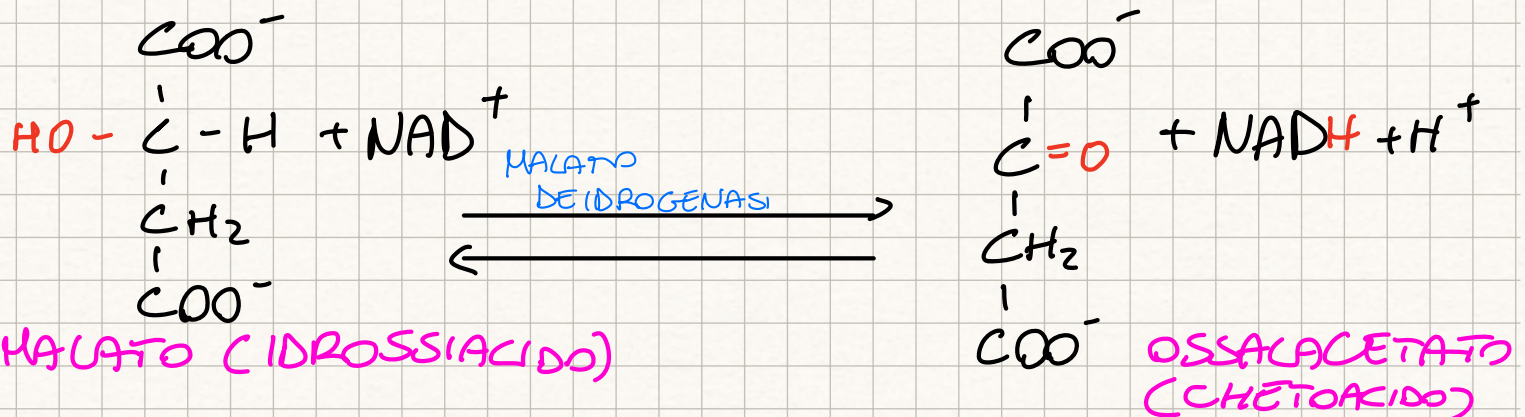
(ENZIMA: FUMARASI) IDRATAZIONE



SI ROMPE IL DOPPIO LEGAME (ADDIZIONE ELETTROFILA) E SI AGGIUNGE OH E H

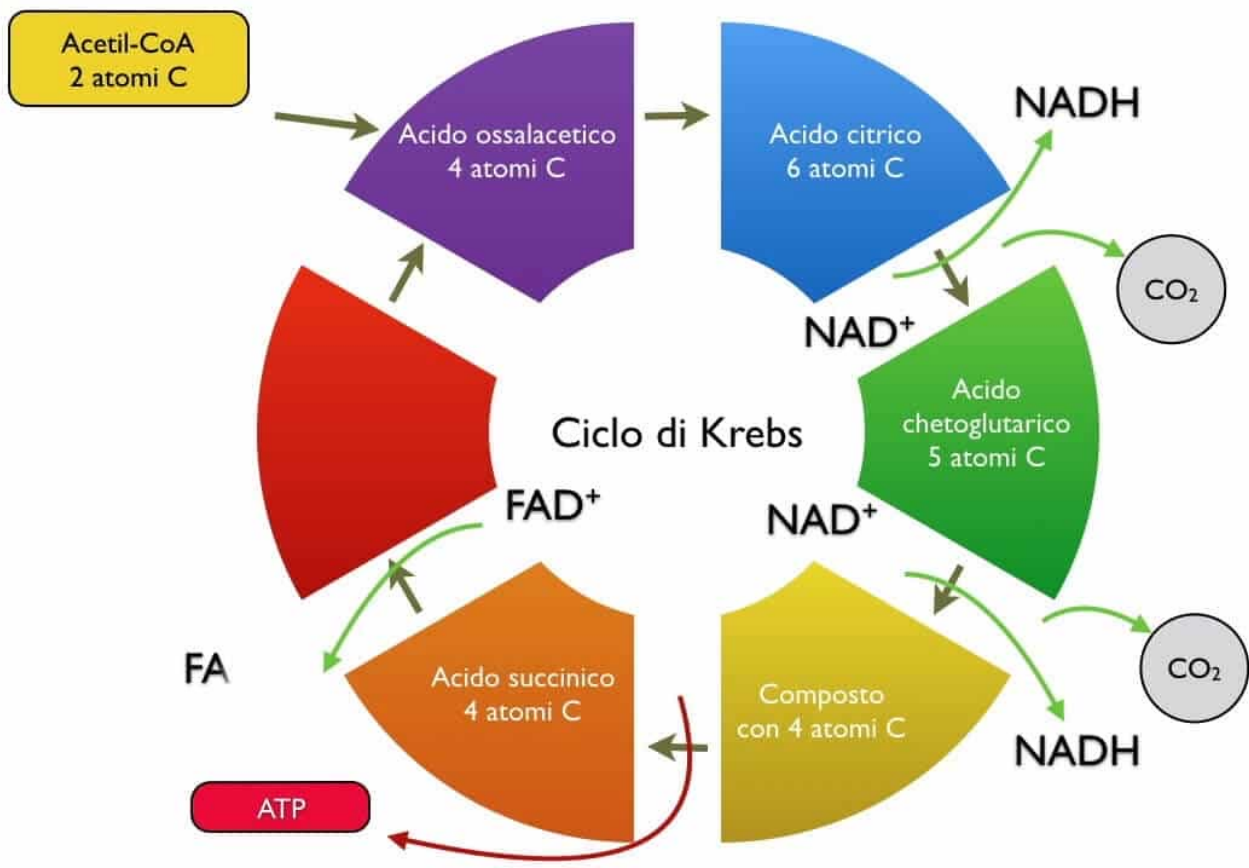
## REAZIONE 8: OSSIDAZIONE DEL MALATO A OSSALACETATO

(ENZIMA: MALATO DEIDROGENASI)



QUESTA È UNA OSSIDAZIONE NAD DIPENDENTE

(NAD SI RIDUCE)



# BILANCIO FINALE

ENTRA: ACETIL-COA

- 3 MOLECOLE DI NADH
- 1 MOLECOLE DI FAD<sub>2</sub>
- 1 MOLECOLE DI GTP (->ATP)
- 2 MOLECOLE DI CO<sub>2</sub>

MA -> A PARTIRE  
DAL GLUCOSIO  
ABBIAMO 2  
CICLI DI KREBS

PERCHE' ?  
↓  
PERCHE' A PARTIRE  
DAL GLUCOSIO  
ABBIAMO 2 MOLECOLE  
DI ACETIL-COA



## RIASSUMIAMO:

QUANTO ATP  
SI È FORMATO  
A PARTIRE DAL  
GLUCOSIO?

- GLICOLISI (x2 ATP)
- DECARBOSSILAZIONE (x0 ATP)  
PIRUVATO
- CICLO DI  
KREBS (x2 ATP)

---

4 MOLECOLE DI ATP,

## RIASSUMIAMO:

QUANTE MOLECOLE  
DI NADH SI  
SONO FORMATE?  
(A PARTIRE DA  
GLUCOSIO)

- GLICOLISI: (x2)
- DECARBOSSILAZIONE (x2)  
PIRUVATO
- KREBS (x6)

(+2 MOLECOLE  
DI  $\text{FADH}_2$ )

↳ SI FA 2 VOLTE  
PER IL GLUCOSIO  
QUINDI 3+3

---

10 MOLECOLE DI NADH

## RIASSUMIAMO:

BILANCIO  $\text{CO}_2$   
A PARTIRE  
DAL GLUCOSIO

- DECARBOSSILAZIONE (x2)  
PIRUVATO
- CICLO DI KREBS (x4)  
↳ 2ATP + 2ATP 2 VOLTE  
PER IL GLUCOSIO

---

6 MOLECOLE DI  $\text{CO}_2$

# FOSFORILAZIONE OSSIDATIVA

---

Catena respiratoria

Processo chemiosmotico



- LA FOSFORILAZIONE OSSIDATIVA RAPPRESENTA IL COMUNE METABOLISMO ENERGETICO NEGLI ORGANISMI AEROBI.
- LE MOLECOLE DI NADH e DI FADH<sub>2</sub> SI OSSIDANO CEDENDO ATOMI DI H. ALLA CATENA RESPIRATORIA
- QUI ELETTRONI e PROTONI VANNO INCONTRO A DUE PROCESSI STRETTAMENTE ACCOPPIATI

## APPUNTI PROF:

LE FADH<sub>2</sub> CHE SI SONO FORMATE NELE FASI PRECEDENTI, ADESSO CEDONO ATOMI DI IDROGENO ALLA CATENA RESPIRATORIA (OSSIDANDOSI)

LA RESPIRAZIONE COMPORTA DUE PROCESSI

PROTONI e ELETTRONI

## ELETTRONI

NAD, NADH e FADH<sub>2</sub> TRASPORTANO ATOMI DI IDROGENO



ARRIVATI ALLA MEMBRANA INTERNA DEI MITOCONDRI (CRESTE MITOCONDRIALI)

GLI ATOMI DI IDROGENO SONO CEDUTI ALLA CATENA RESPIRATORIA DA NADH (RIOSSIDANDOSI DIVENTANDO NAD e FAD) TORNAANDO A FARE DA NAVETTA AGLI ATOMI DI IDROGENO TORNERANNO IN FORMA OSSIDATIVA « LA GLICOLISI, CICLO DI KREBS

QUI IL DESTINO DEI PROTONI e ELETTRONI E' ORA SEPARATO

GLI ELETTRONI FANNO QUELLA E' LA VERA E PROPRIA CATENA RESPIRATORIA, RIMANGONO AL LIVELLO DELLA MEMBRANA INTERNA e VENGONO TRASPORTATI GRAZIE A

COMPLESSI:

- C.1
- C.2
- C.3
- C.4

SONO COMPLESSI PROTEICI OSSIDO - RIDUTTIVI:

CATTURANO GLI ELETTRONI RIDUCENDOSI e LI CEDONO AL COMPLESSO SUCCESSIVO OSSIDANDOSI (COSI DA C.1 A C.2) ecc.

FINO AD ARRIVARE ALL' ACCETTORE FINALE DI ELETTRONI

OSSIGENO =

L'OSSIGENO È IN GRADO DI ACCETTARE 2 ELETTRONI (DIVENTA  $O^{2-}$ ) CHE SI LEGA A  $2H^+$  DIVENTANDO

$H_2O$  (DEL BILANCIO FINALE)

## DOMANDA:

PERCHÉ SI MUOVONO GLI ELETTRONI?

GLI ELETTRONI SI MUOVONO PERCHÉ SEGUONO UN POTENZIALE ENERGETICO

+ POTENZ. ENERG. → - POTENZ. ENERG.

- QUINDI L'ENERGIA SI LIBERA
- NELLA CELLULA OGNI VOLTA CHE C'È UN PROCESSO ENDOERGOINICO VIENE ACCOPPIATO AD UN PROCESSO ENDOERGOINICO

VIENE UTILIZZATA PER COMPIERE UN TRASPORTO ATTIVO

AL LIVELLO DELLA CATENA RESPIRATORIA

DALLA MATRICE MITOCONDRIALE

VERSLO SPAZIO INTERMEMBRANA

L'ENERGIA CHE SI È LIBERATA VIENE UTILIZZATA PER POMPARE GLI IONI  $H^+$

## PERCORSO OSSIGENO:

- INSPIRAZIONE  $O_2$
- ENTRA NEL SANGUE
- SI LEGA ALL'EMOGLOBINA
- L'EMOGLOBINA PORTA L'OSSIGENO NELLA CELLULA
- OSSIGENO ENTRA NEI MITOCONDRI
- ASPETTANDO DI CATTURARE GLI ELETTRONI DIVENTANDO  $O^{2-}$  (MA SICCOME LA MOLECOLA È  $O_2$  NEL BILANCIO FINALE DIVENTA  $\frac{1}{2} O_2$ )

## DOMANDA 2

COME VIENE IMMAGAZZINATA L'ENERGIA CHE SI LIBERA NELLA CATENA DI TRASPORTO DEGLI ELETTRONI?

NEL COMPLESSO 1 e 2 e 4

L'ENERGIA CHE SI È LIBERATA VIENE UTILIZZATA PER POMPARE GLI IONI  $H^+$

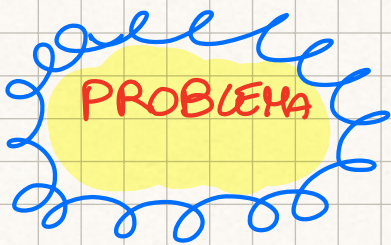


### DOMANDA 3: PERCHÉ TRASPORTO ATTIVO?

- PERCHÉ NELLO SPAZIO INTERMEMBRANA GLI  $H^+$  SI ACCUMULANO }  $\Rightarrow$  C'È UNA CONCENTRAZ. MAGGIORE QUINDI SI VA CONTRO GRADIENTE
- QUESTO TRASPORTO È UN MODO X IMMAGAZZINARE ENERGIA

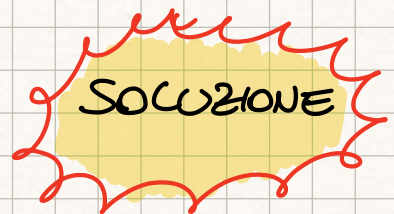
### DOMANDA 4 PERCHÉ SI IMMAGAZZINA ENERGIA?

- PERCHÉ POMPANDO IONI  $H^+$  NELLO SPAZIO INTERMEMBRANA SI VIENE A CREARE UN GRADIENTE PROTONICO ELETTROCHIMICO
- PIU' CARICHE POSITIVE NELLO SPAZIO INTERMEMBRANA
- + GRADIENTE CHIMICO CHE CONOSCIAMO



GLI IONI  $H^+$  TENDEREBBERO A RIENTRARE X TRASPORTO PASSIVO (DIFFUSIONE)

LA MEMBRANA È IMPERMEABILE AI PROTONI



### DOMANDA 5 DOVE POSSONO RIENTRARE I PROTONI?

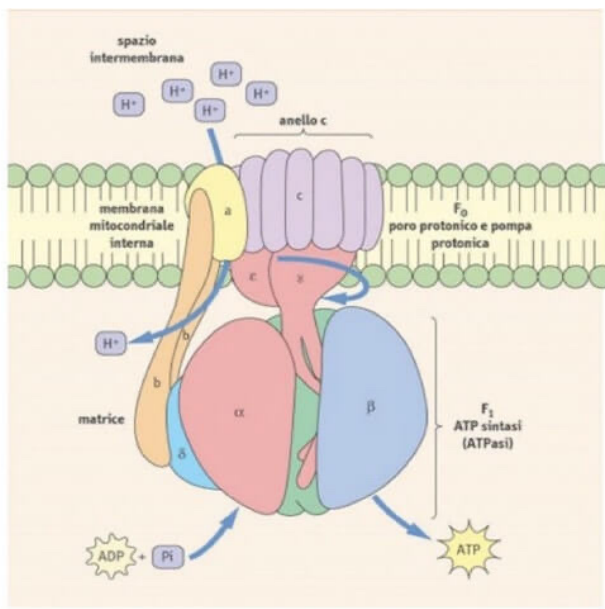
- È UN COMPLESSO ENZIMATICO CHIAMATO ATP-SINTETASI
- HA UN CANALE AL SUO INTERNO
- I PROTONI TROVANO QUEL CANALE TENDONO A RIENTRARE

LIBERANO ENERGIA NECESSARIA ALLA FOSFORILAZIONE DI  $ADP + P_i$



# ATP SINTETASI

FORMATA DA 2 PARTI:



- $F_0$  (F CON ZERO) PARTE IMMERSA NELLA MEMBRANA
- $F_1$  DENTRO LA MATRICE MITOCONDRIALE
- L' $F_0$  È UN ROTORE, HA UN MECCANISMO ROTATORIO,
- GLI  $H^+$  SI LEGANO A QUESTO ROTORE
- LA ROTAZIONE GENERA ENERGIA CHE SERVE A PRODURRE ATP

## PROCESSO CHEMIO-OSMOTICO

~ NEL DETTAGLIO

### COMPLESSI PROTEICI

- C-1 NADH DEIDROGENASI (COMPLESSO OSSIDAZIONE NADH)
- C-2 SUCCINATO DEIDROGENASI
- C-3 Q-CITOCROMO C OSSIDOREDUCTASI
- C-4 CITOCROMO C OSSIDASI

### COMPLESSO 2:

GLI ELETTRONI CHE VENGONO CATTURATI DAL COMPLESSO 1:

IN UN TRASPORTATORE ELETTRONICO CHE SI CHIAMA CO-Q (COENZIMA Q)

IL COMPLESSO 2 SERVE A RICEVERE ELETTRONI DALLA SUCCINATO DEIDROGENASI (ENZIMA C. KREBS CHE PRODUCE  $FDH_2$ )

SUCCINATO → FUMARATO





## COMPLESSO 2

- SERVE PER FAR ENTRARE GLI ELETTRONI DALL'  $FDH_2$  AL COENZIMA Q

- (SI MUOVE NELLA MEMBRANA PERCHÉ LIPOSOLUBILE)

- PORTANDO GLI ELETTRONI (CHE DERIVANO DA  $NADH_2$  &  $FDH_2$ ) AL COMPLESSO 3

## RIASSUMENDO

### COMPLESSO 1

- SERVE X FAR ENTRARE GLI ELETTRONI NELLA CATENA RESPIRATORIA PARTENDO DA  $NADH_2$



## COMPLESSO 3

### Q - CITOCROMO C OSSIDOREDUTTASI

NOME DERIVANTE DAL FATTO CHE SI TROVA TRA

Co-Q e COMPLESSO 4

(QUESTI COMPLESSI SONO FORMATI DA CIRCA 40-50 PROT.)



- PROTEINE CHE POSSONO OSSORIDURSI
- PROTEINE FERRO-ZOLFO (IL Fe HA LA CAPACITÀ DI OSSIDORIDURSI)
- CITOCROMI:

+

COENZIMI:

- COENZIMA-Q (UBICHINONE)

## PROTEINE PIÙ IMPORTANTI X COMPLESSO

- (I) NADH DEIDROGENASI

COSTITUITO DA FLAVIN MONONUCLEOTIDE E PROTEINE Fe-S

- (II) SUCCINATO DEIDR.

COSTITUITO DAL CITOCROMO b e c1

- (III) Q-CITOCROMO C OSSIDOREDUTTASI

COSTITUITO DAI CITOCROMI Q e Q3

- (IV) CITOCROMO C OSSIDASI

# FOSFORILAZIONE OSSIDATIVA

## ATP SINTETASI :

È FORMATO DA UNA SUB-UNITÀ ( $F_0$ ) +  $F_1$

È UN ROTORE (DISP. CHE RUOTA)

IL MOVIMENTO DELLA  $F_0$  È TRASMESSO ALLA PARTE SUPERIORE ( $F_1$ ) E PRODUCE ENERGIA SOTTO FORMA DI ATP

## BILANCIO:

1 MOLECOLA NADH = 2,5 MOLECOLE DI ATP

1 MOLECOLA FADH<sub>2</sub> = 1,5 MOLECOLE DI ATP

## CONSIDERAZIONI FINALI

• L'ATP VIENE PRODOTTO ATTRAVERSO UNA SERIE DI REAZIONI (LA RESPIRAZIONE CELLULARE)

• CATABOLISMO MOLECOLARE

GRAZIE A ACETIL-COA

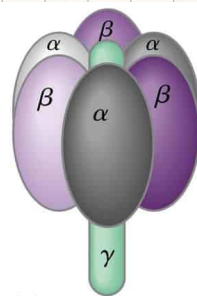
• CICLO DI KREBS

GRAZIE AI TRASPORTATORI DI ELETTRONI (FADH<sub>2</sub> e NADH+H<sup>+</sup>)

• CATENA RESPIRATORIA

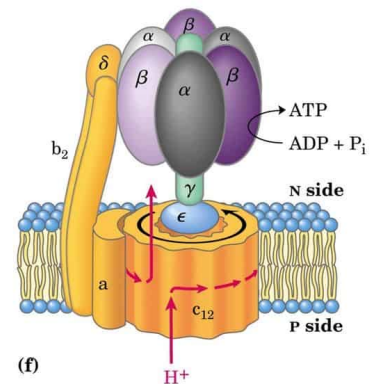
GRAZIE ALLA FORZA PROTON-MOTRICE

• ATP SINTASI



(a)

ATP-Sintasi



(f)



# Emoglobina, $O_2$ , $CO_2$ e respirazione (II)

La quantità notevole di  $CO_2$  generata dalla decarbossilazione ossidativa nel ciclo di Krebs e nelle varie reazioni cellulari, viene ceduta all'emoglobina, riportata ai polmoni ed emessa con l'espiazione.

La respirazione è quindi un bell'esempio di come **nell'organismo, ogni aspetto macroscopico sia legato a precisi eventi molecolari.**