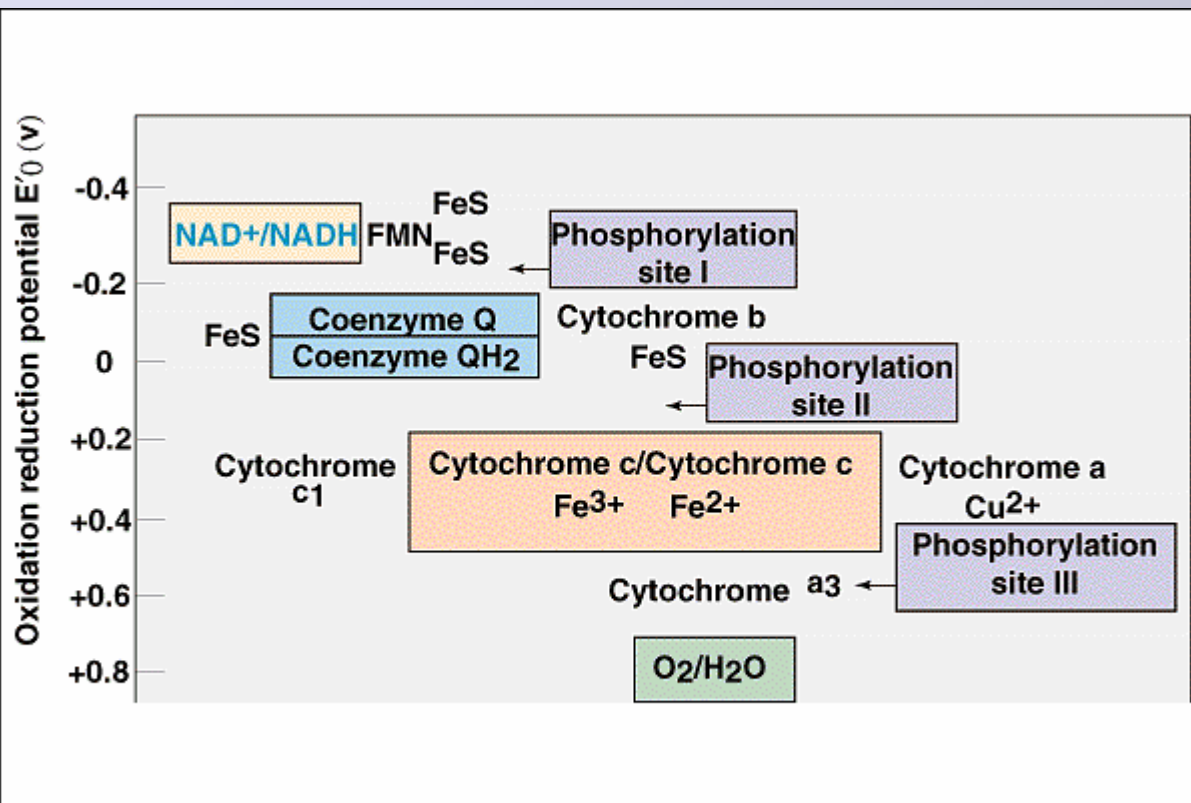


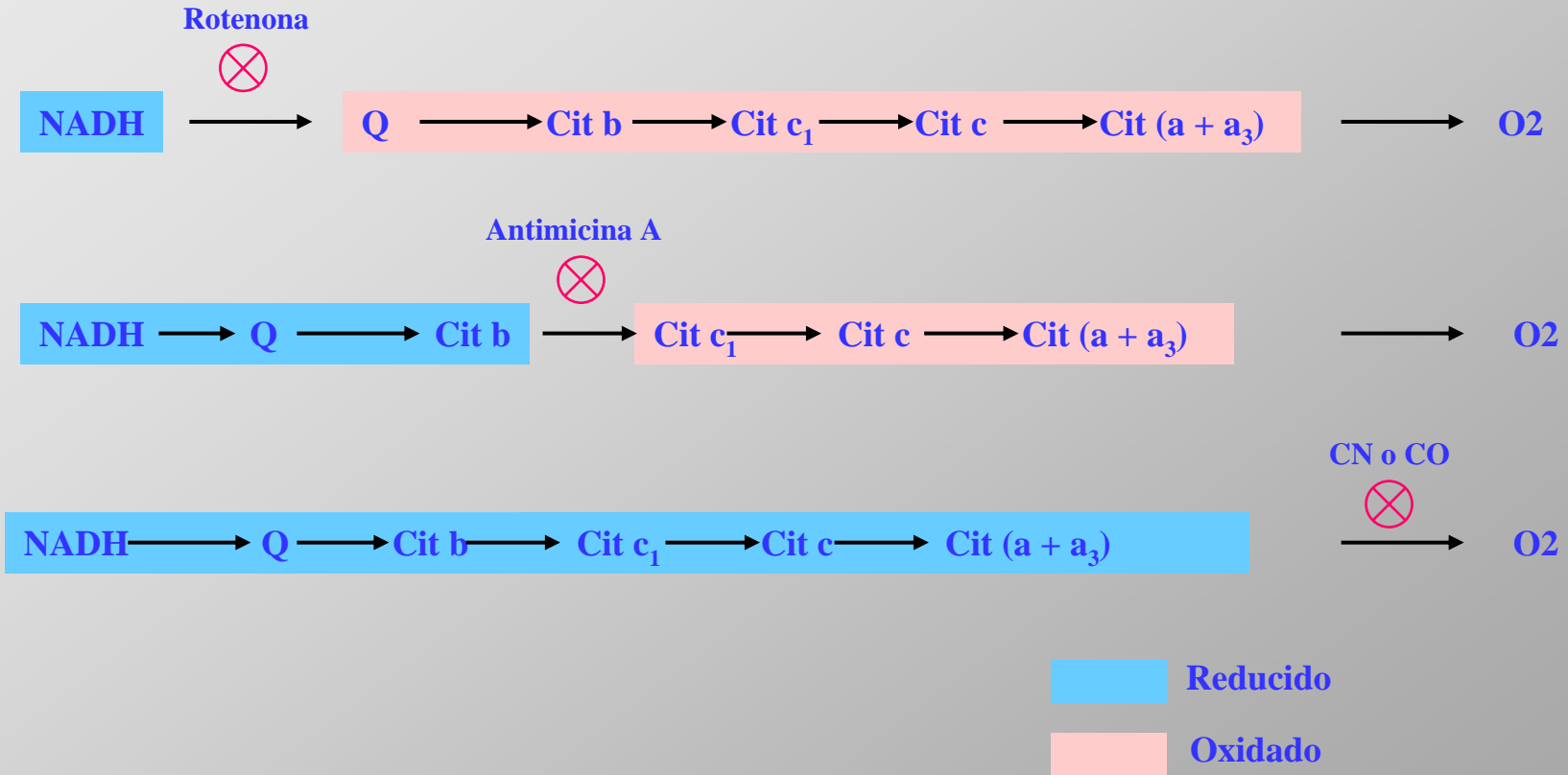
Potencial de reducción estándar de los transportadores de electrones de la cadena respiratoria

Reacción Redox (hemi-reacción)	E'° (V)
$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2$	-0.414
$\text{NAD}^+ + \text{H}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{NADH}$	-0.32
$\text{NADP}^+ + \text{H}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{NADPH}$	-0.324
$\text{NADH dehidrogenasa (FMN)} + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{NADH dehidrogenasa (FMNH}_2\text{)}$	-0.30
$\text{Ubiquinona} + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Ubiquinol}$	0.045
$\text{Citocromo b (Fe}^{3+}\text{)} + \text{e}^- \longrightarrow \text{citocromo b (Fe}^{2+}\text{)}$	0.077
$\text{Citocromo c}_1 \text{ (Fe}^{3+}\text{)} + \text{e}^- \longrightarrow \text{citocromo c}_1 \text{ (Fe}^{2+}\text{)}$	0.22
$\text{Citocromo c (Fe}^{3+}\text{)} + \text{e}^- \longrightarrow \text{citocromo c (Fe}^{2+}\text{)}$	0.254
$\text{Citocromo a (Fe}^{3+}\text{)} + \text{e}^- \longrightarrow \text{citocromo a (Fe}^{2+}\text{)}$	0.29
$\text{Citocromo a}_3 \text{ (Fe}^{3+}\text{)} + \text{e}^- \longrightarrow \text{citocromo a}_3 \text{ (Fe}^{2+}\text{)}$	0.55
$\frac{1}{2} \text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2\text{O}$	0.816

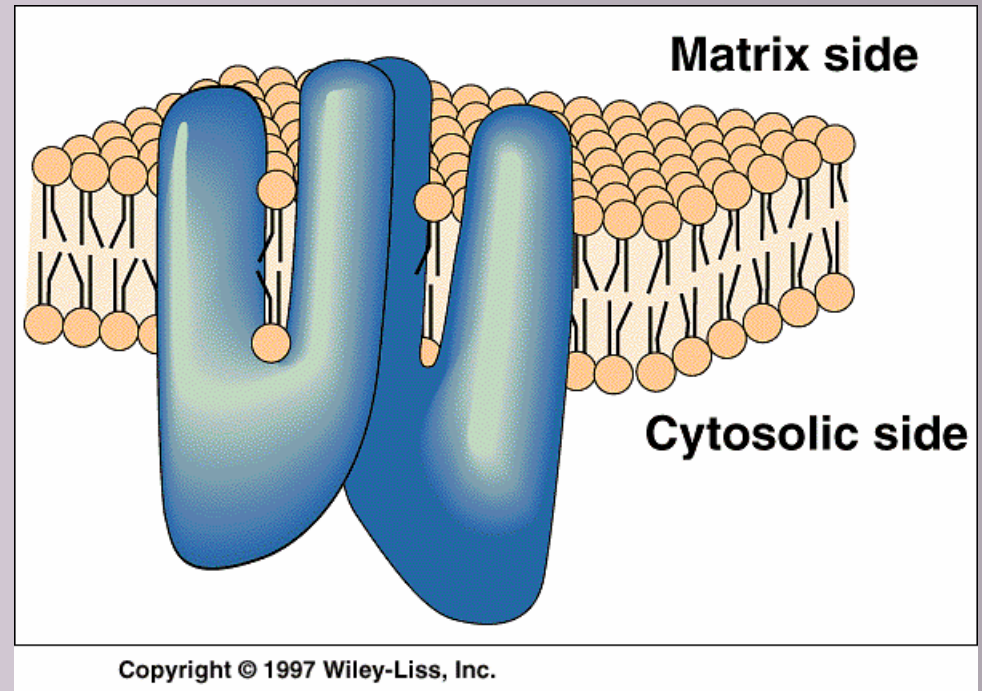
La cadena transportadora permite dividir el alto $\Delta\text{G}^{\circ'}$ de reoxidación en tres paquetes menores, cada uno acoplado a la síntesis de ATP en un proceso llamado fosforilación oxidativa. Por lo tanto, la oxidación de NADH Permite la síntesis de 3 ATP.



Método para determinar la secuencia de los transportadores

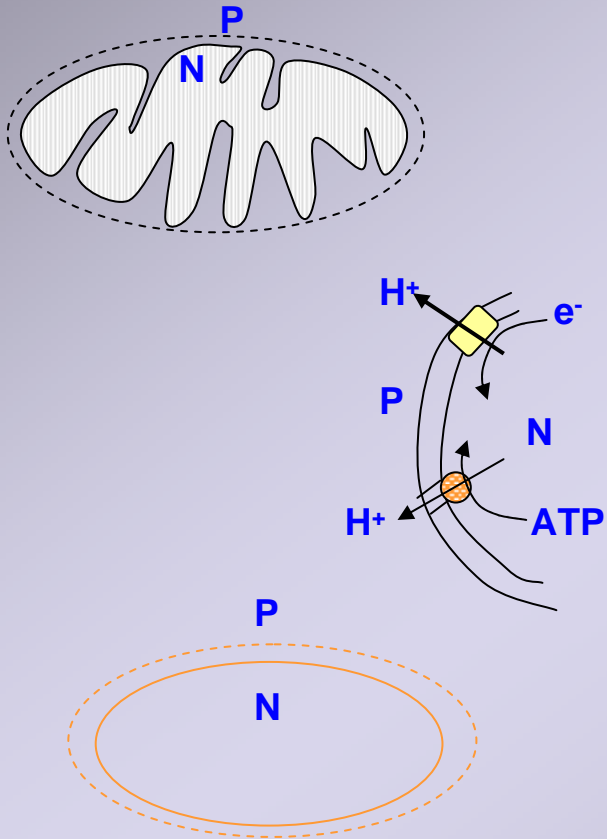


La síntesis de ATP cuantitativamente mas importante se realiza mediante complejos enzimáticos asociados a membranas bien determinadas. Estas membranas, transformadoras de energía, incluyen la membrana plasmática de los procariontes simples (bacterias y algas azul-verdes), la membrana interna de las mitocondrias y la membrana tilacoide de los cloroplastos. Todas ellas se relacionan evolutivamente.

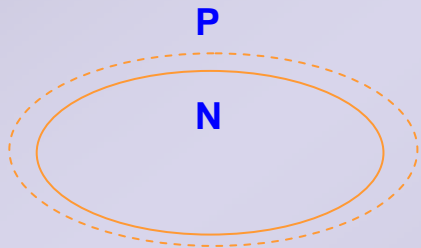


Cada una de estas membranas tiene dos tipos de diferentes bombas de protones. La naturaleza de la bomba primaria depende de la fuente de energía usada por la membrana. La topología de las membranas varía. En contraste con la variedad de bombas de protones primarias, todas las membranas convertidoras de energía tienen una bomba secundaria altamente conservada, llamada ATP sintetasa o ATPasa translocadora de protones. La bomba primaria de protones genera un gradiente de protones suficiente para revertir a la bomba secundaria y sintetizar ATP. La función de ambas bombas (es decir el flujo de electrones o la fosforilación) está firmemente acoplada al traslado de protones: no puede ocurrir uno sin el otro.

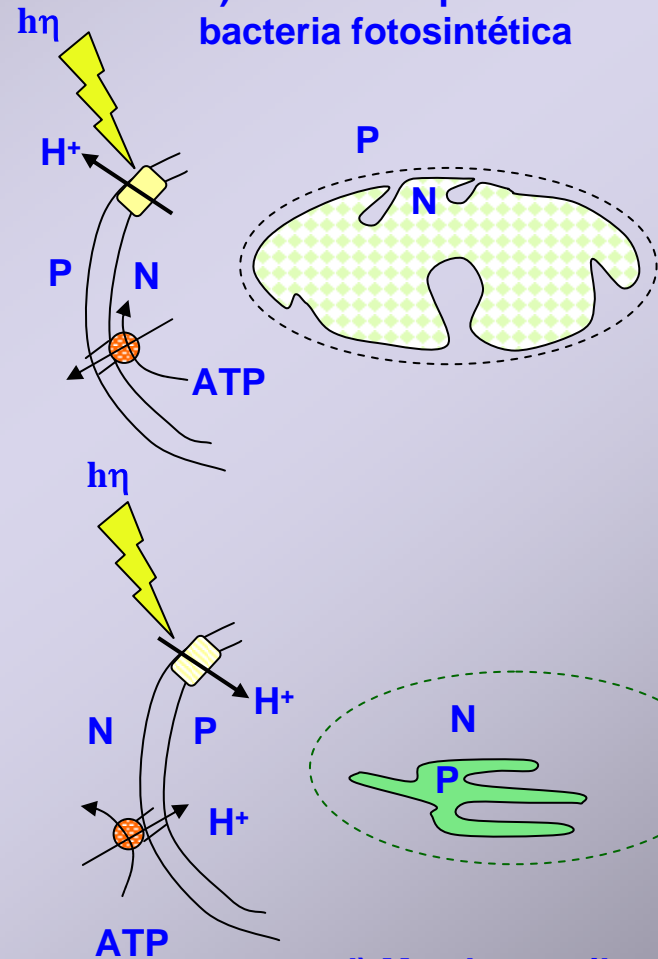
a) Membrana interna mitocondrial



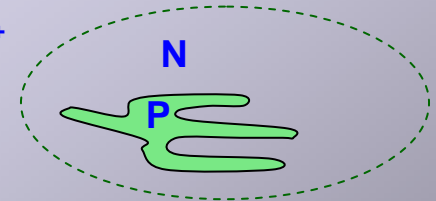
b) Membrana plasmática interna de bacteria.

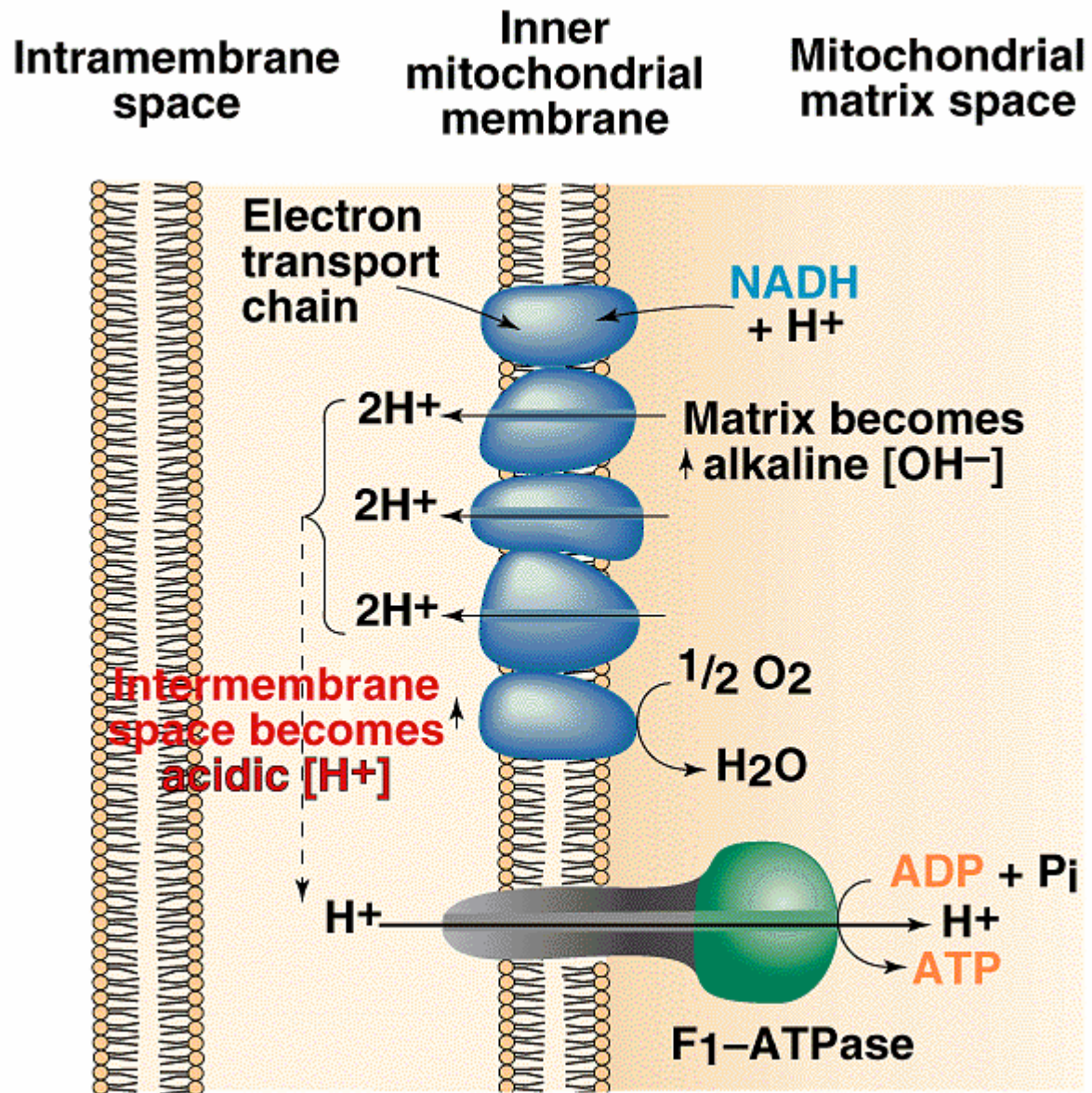


c) Membrana plasmática de bacteria fotosintética



d) Membrana tilacoide de cloroplasto

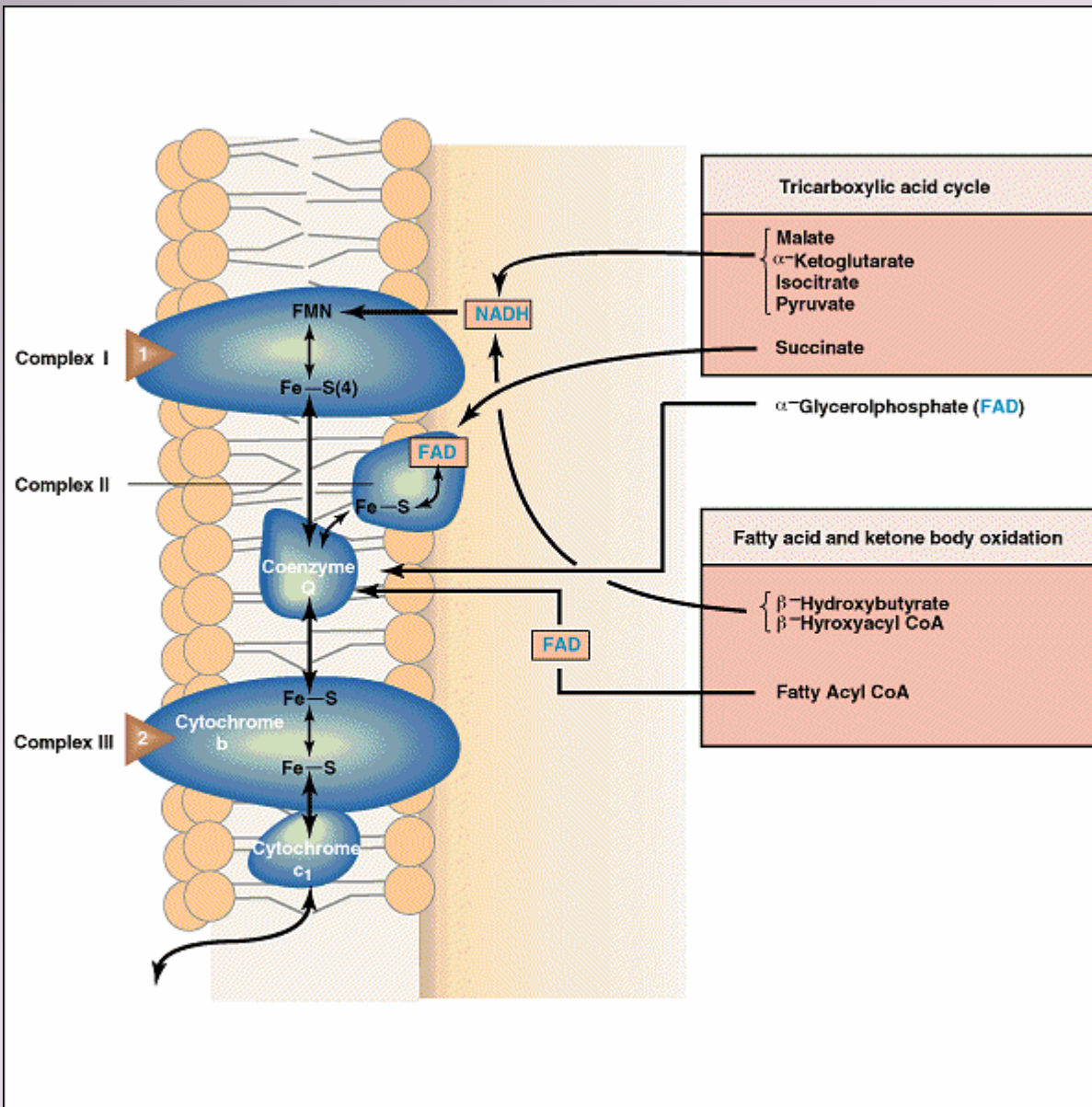


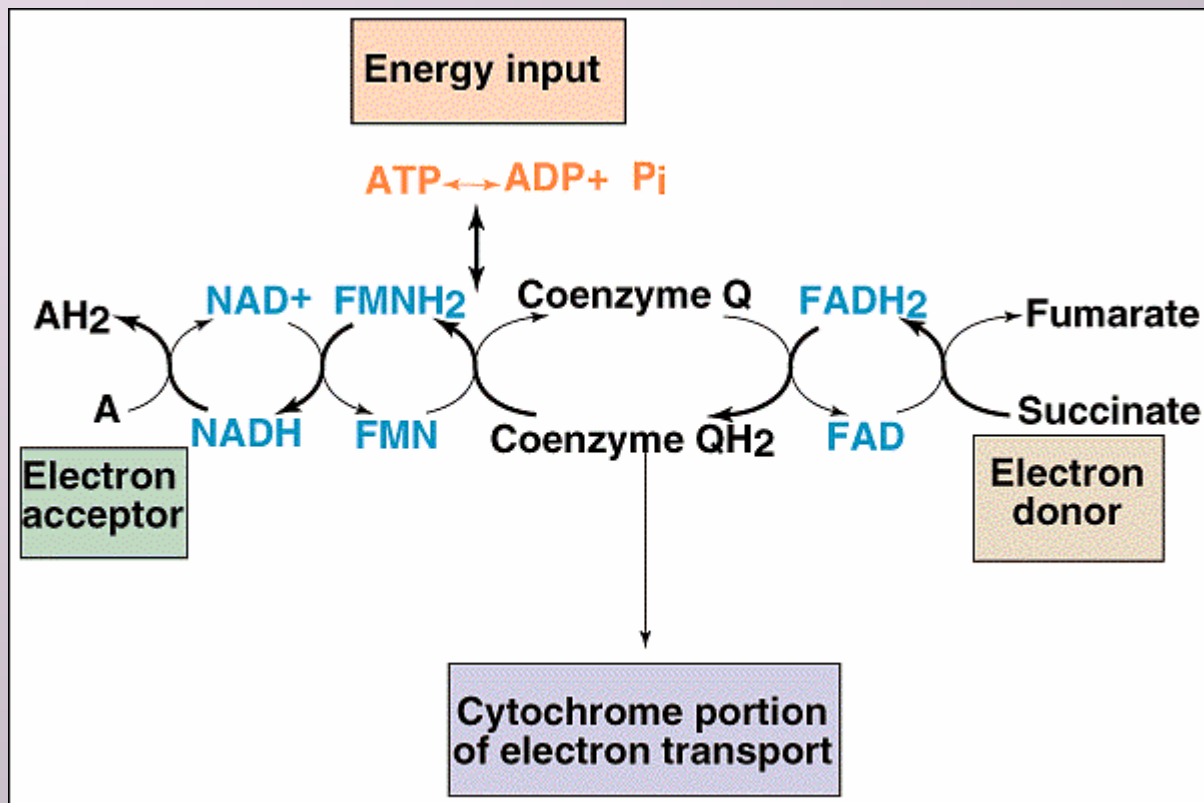


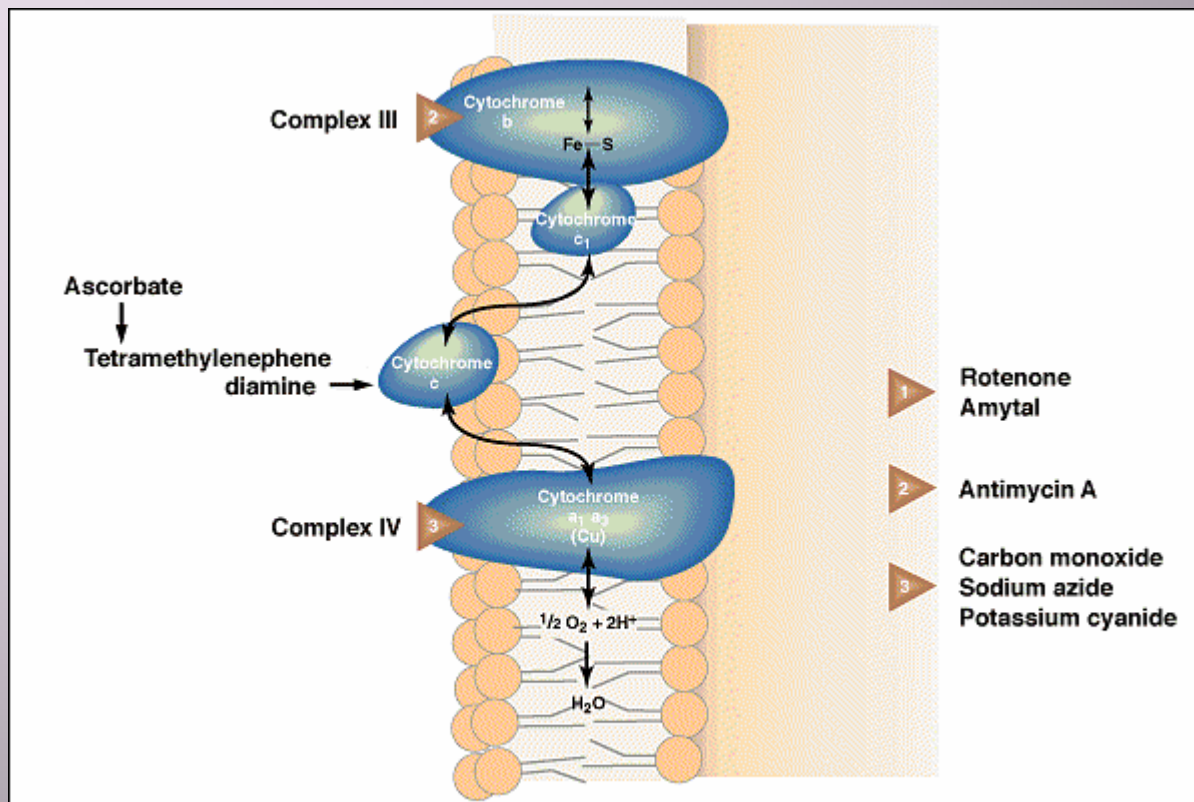
Proteínas componentes de la cadena de transferencia de electrones de la mitocondria.

COMPLEJO ENZIMÁTICO	Masa kDa	Número de Subunidades	Grupo(s) Prostético
I- NADH dehidrogenasa.	850	42 (14)	FMN, Fe-S
II- Succinato dehidrogenasa	140	5	FAD, Fe-S
III- Ubiquinona: citocromo c oxido-reductasa.	250	11	Hems, Fe-S
citocromo c	13	1	Hem
IV- Citocromo oxidasa	160	13 (3-4)	Hems, Cu_A, Cu_B

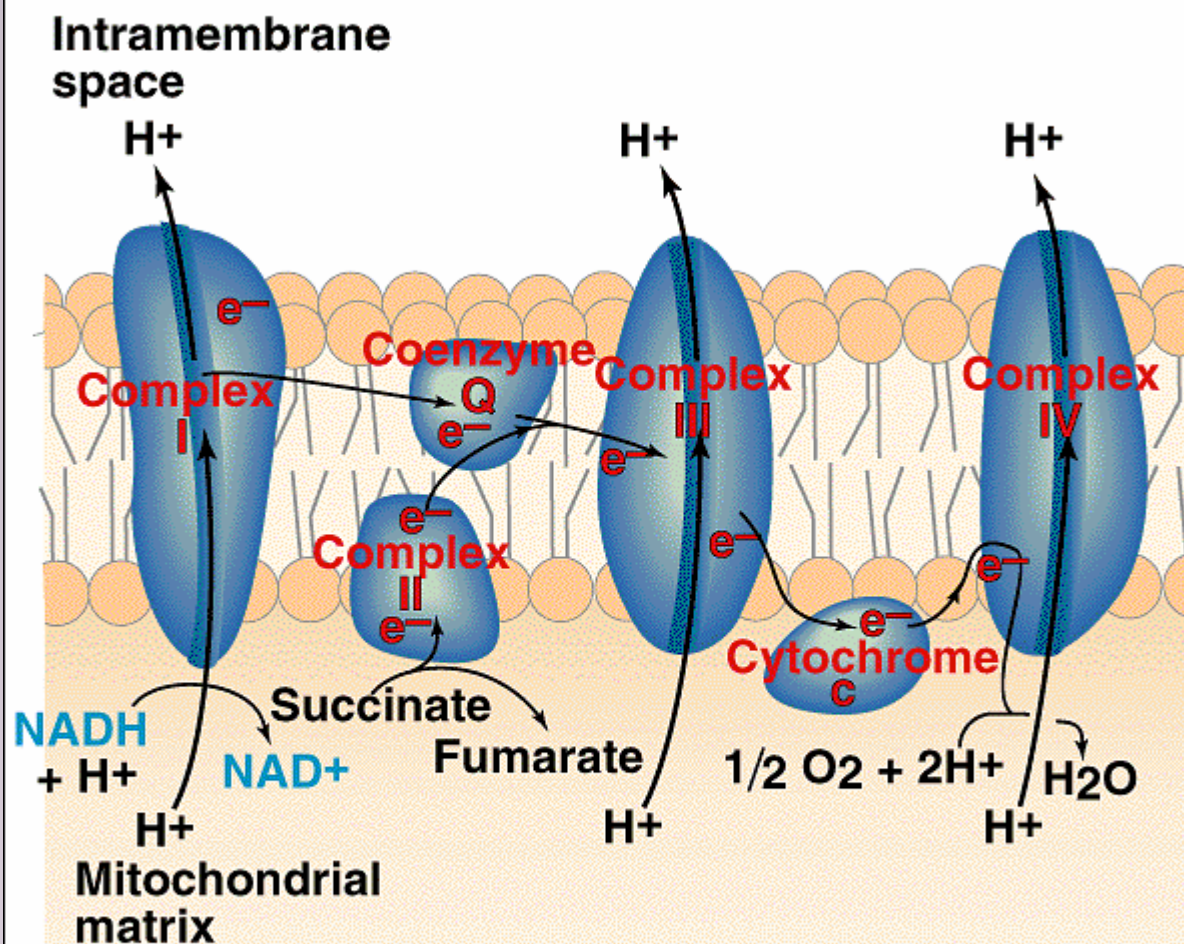
El citocromo c no es parte de un complejo enzimático, se mueve entre los complejos III y IV como una proteína libre soluble.







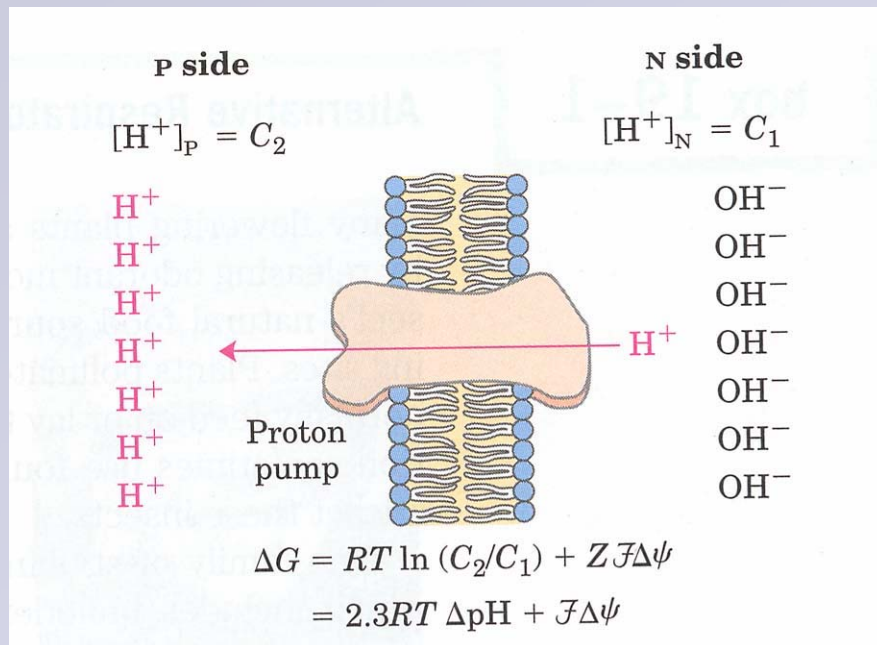
Copyright © 1997 Wiley-Liss, Inc.



La teoría quimio-osmótica, propuesta por Peter Mitchell, es el paradigma para el mecanismo por el cual el flujo de electrones está acoplado con la formación de ATP. De acuerdo a ella, la energía electroquímica inherente a la diferencia de concentración de protones y a la separación de carga a través de la membrana interna mitocondrial, la fuerza protón-motora, permite la síntesis de ATP a medida que los protones fluyen pasivamente de regreso a la matriz a través de un poro asociado con la ATP sintetasa. Según esto, la siguiente ecuación representa la síntesis de ATP :



La energía electroquímica inherente a la diferencia en la concentración de protones y a la separación de carga representa una conservación temporal, de parte de la energía de transferencia de electrones. La energía conservada en esta gradiente, llamada fuerza próton-motora tiene 2 componentes: (1) la energía química potencial originada por la diferente concentración de una especie química, $[H^+]$, en las dos regiones separadas por la membrana, y (2) la energía potencial eléctrica que resulta de la separación de cargas cuando un protón se mueve a través de una membrana sin un contra ión.

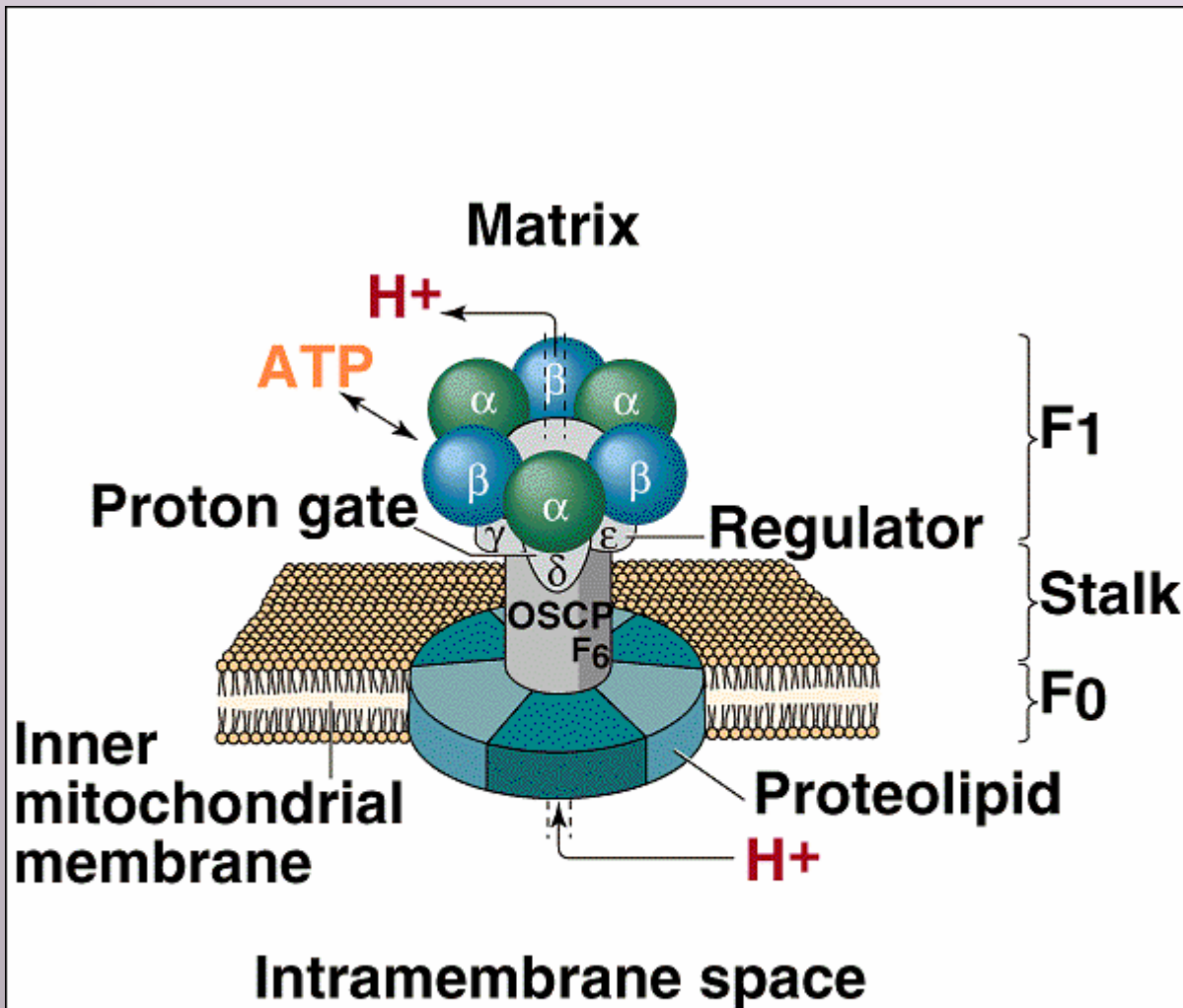


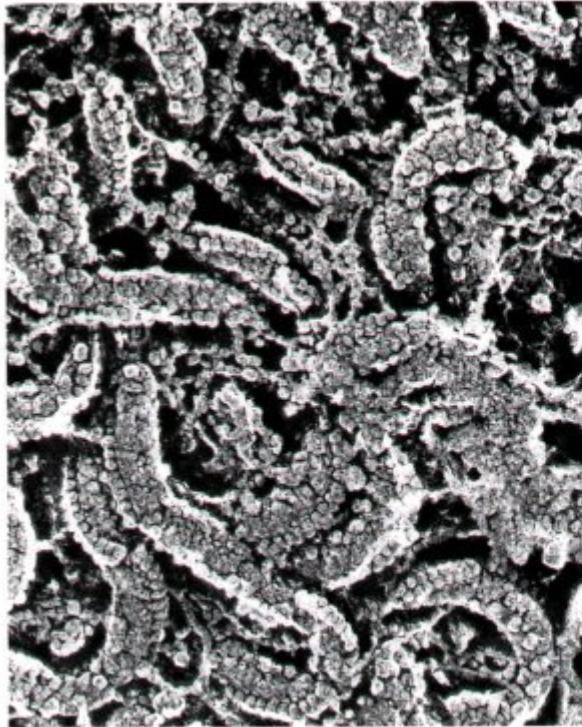
C_2/C_1 = razón de concentración del ión que se mueve.

Z = valor absoluto de su carga (1 para un protón)

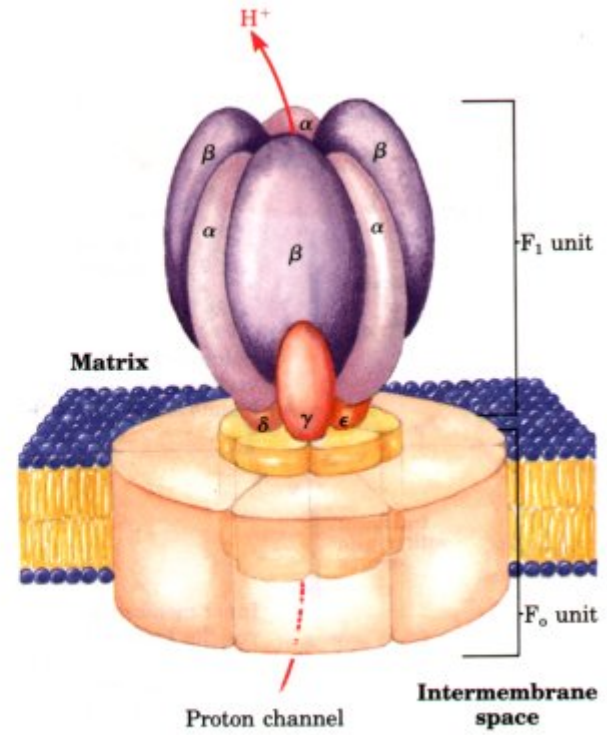
$\Delta\psi$ = la diferencia en potencial eléctrico de transmembrana (Volts).

$\Delta\psi \sim 0.15-0.2$ V en mitocondrias con respiración activa, el pH de la matriz es ~ 0.75 unidades mas alcalino que el espacio intermembrana

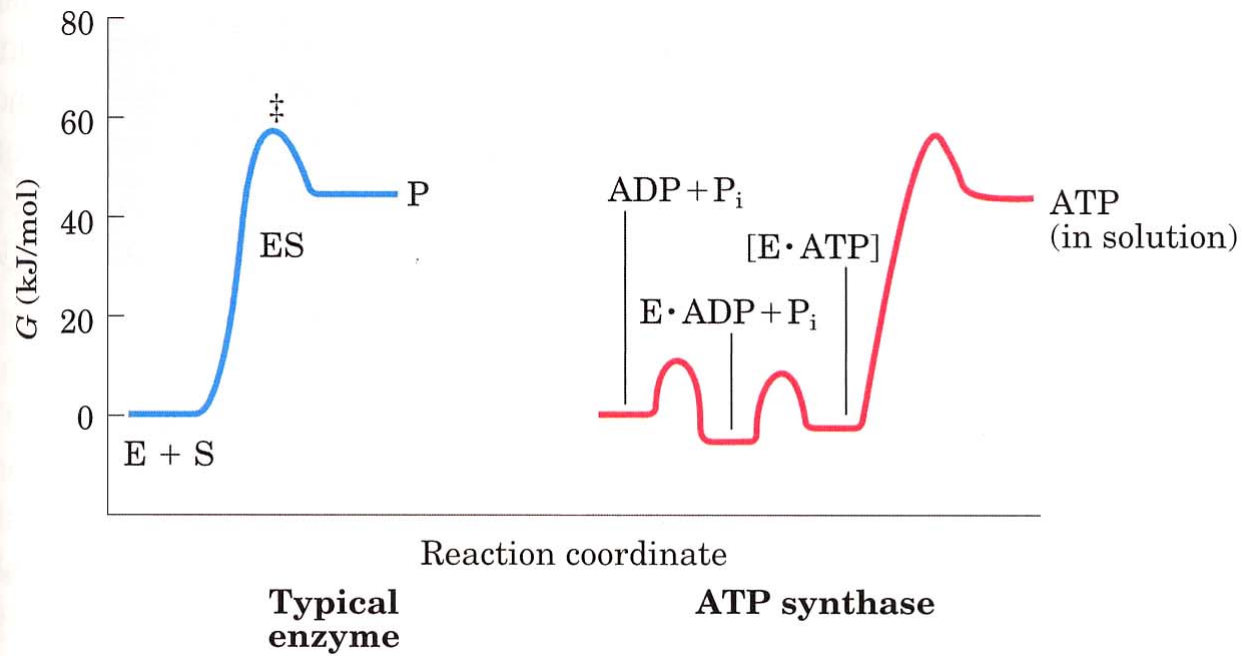
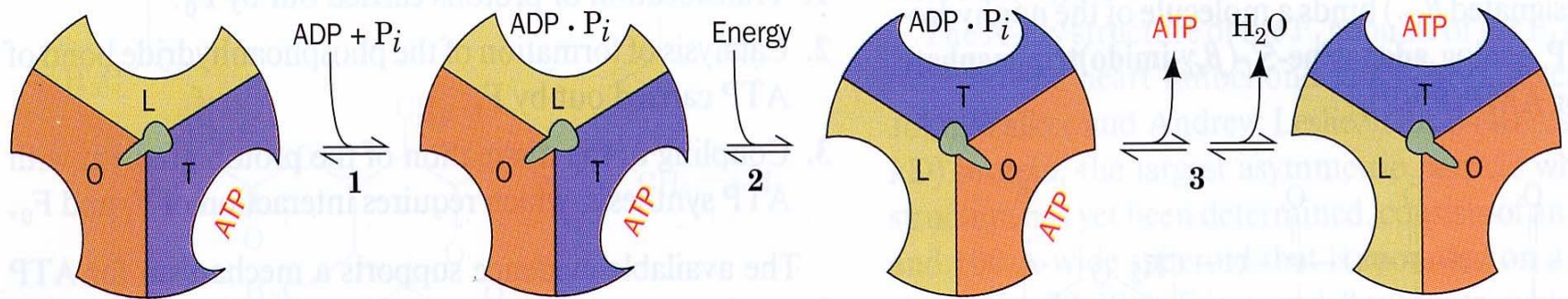




(a)



(b)



Oxygen concentration

