

# Vitamins and coenzymes

王春光

[chunguangwang@tongji.edu.cn](mailto:chunguangwang@tongji.edu.cn)

2020-11-10

☆ | COLLECTION

## 营养成分

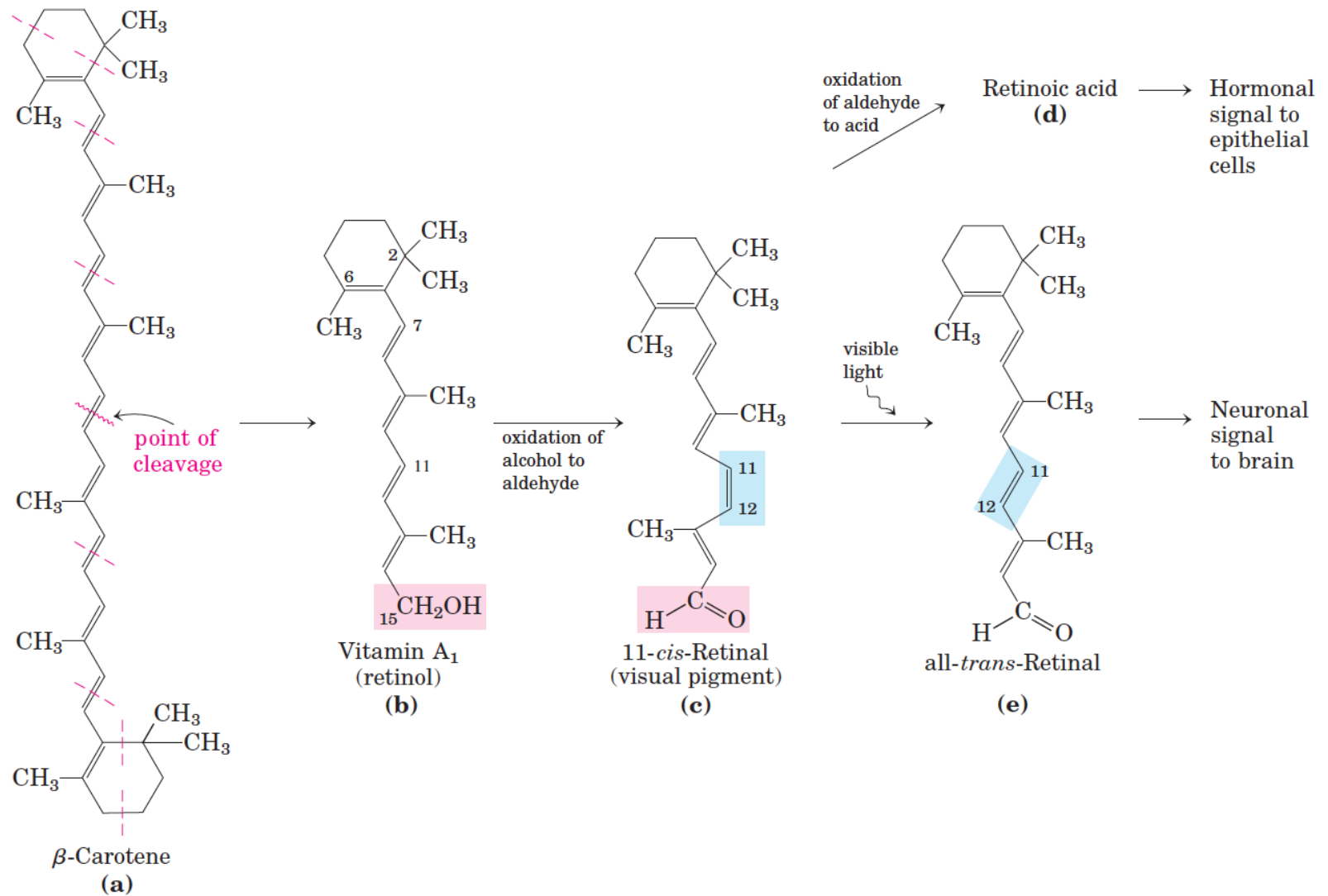


维生素A	3500IU	碘	150微克
维生素C	60毫克	镁	50毫克
维生素D	1000IU	锌	11毫克
维生素E	30IU	硒	55微克
维生素K	25微克	铜	0.5毫克
硫胺素	1.5毫克	锰	2.3毫克
核黄素	1.7毫克	铬	35微克
烟酸	20毫克	钼	45微克
维生素B6	2毫克	氯化物	72毫克
叶酸	400微克	钾	80毫克
维生素B12	6微克	硼	75微克
生物素	30微克	镍	5微克
泛酸	10毫克	硅	2毫克
钙	200毫克	锡	10微克
铁	18毫克	钒	10微克
磷	20毫克		

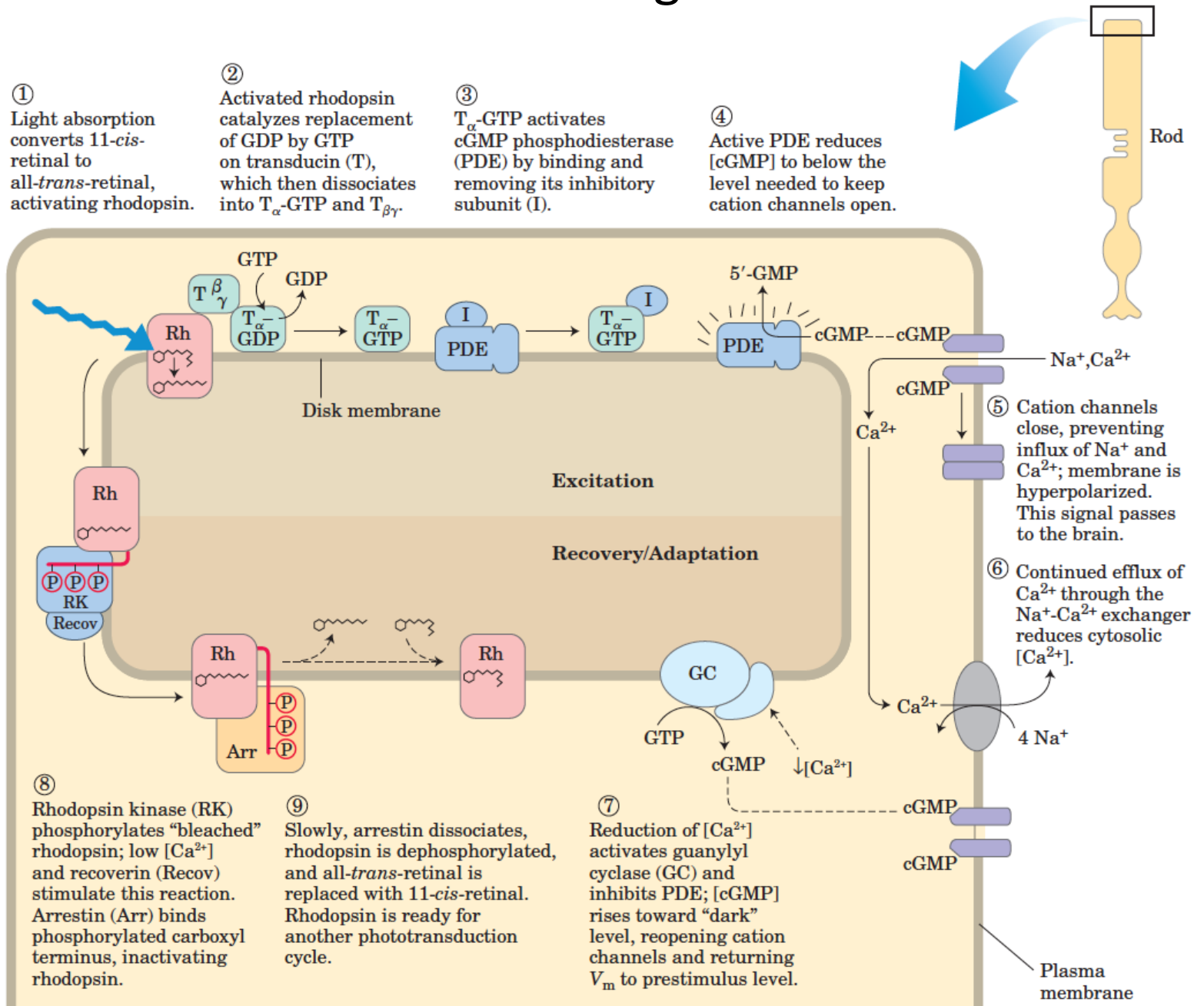
# Vitamins often function as coenzymes or cofactors.

类型	辅酶、辅基或其他活性形式	主要功能
水溶性维生素:		
维生素 B <sub>1</sub> (硫胺素)	硫胺素焦磷酸(TPP)	醛基转移和 $\alpha$ -酮酸的脱羧作用
维生素 B <sub>2</sub> (核黄素)	黄素单核苷酸(FMN)	氧化还原反应
	黄素腺嘌呤二核苷酸(FAD)	氧化还原反应
维生素 PP (烟酸和烟酰胺)	烟酰胺腺嘌呤二核苷酸(NAD)	氢原子(电子)转移
	烟酰胺腺嘌呤二核苷酸磷酸(NADP)	氢原子(电子)转移
泛酸(遍多酸)	辅酶 A(CoA)	酰基转移作用
维生素 B <sub>6</sub> [吡哆醛(醇、胺)]	磷酸吡哆醛、磷酸吡哆胺	氨基酸转氨基、脱羧作用
生物素(维生素 H)	生物胞素	传递 CO <sub>2</sub>
叶酸	四氢叶酸	传递一碳单位
维生素 B <sub>12</sub> (钴胺素)	脱氧腺苷钴胺素(辅酶 B <sub>12</sub> )、甲基钴胺素	氢原子 1,2 交换(重排作用), 甲基化
硫辛酸	硫辛酰赖氨酸	酰基转移, 氧化还原反应
维生素 C(抗坏血酸)	—	羟基化反应辅助因子
脂溶性维生素:		
维生素 A(视黄醇)	11- 顺视黄醛	视循环
维生素 D(钙化醇)	1,25 - 二羟胆钙化醇[1,25 -(OH) <sub>2</sub> D <sub>3</sub> ]	调节钙、磷代谢
维生素 E(生育酚)		保护膜脂质、抗氧化剂
维生素 K(凝血维生素)		羧化反应的辅助因子, 参与氧化还原反应

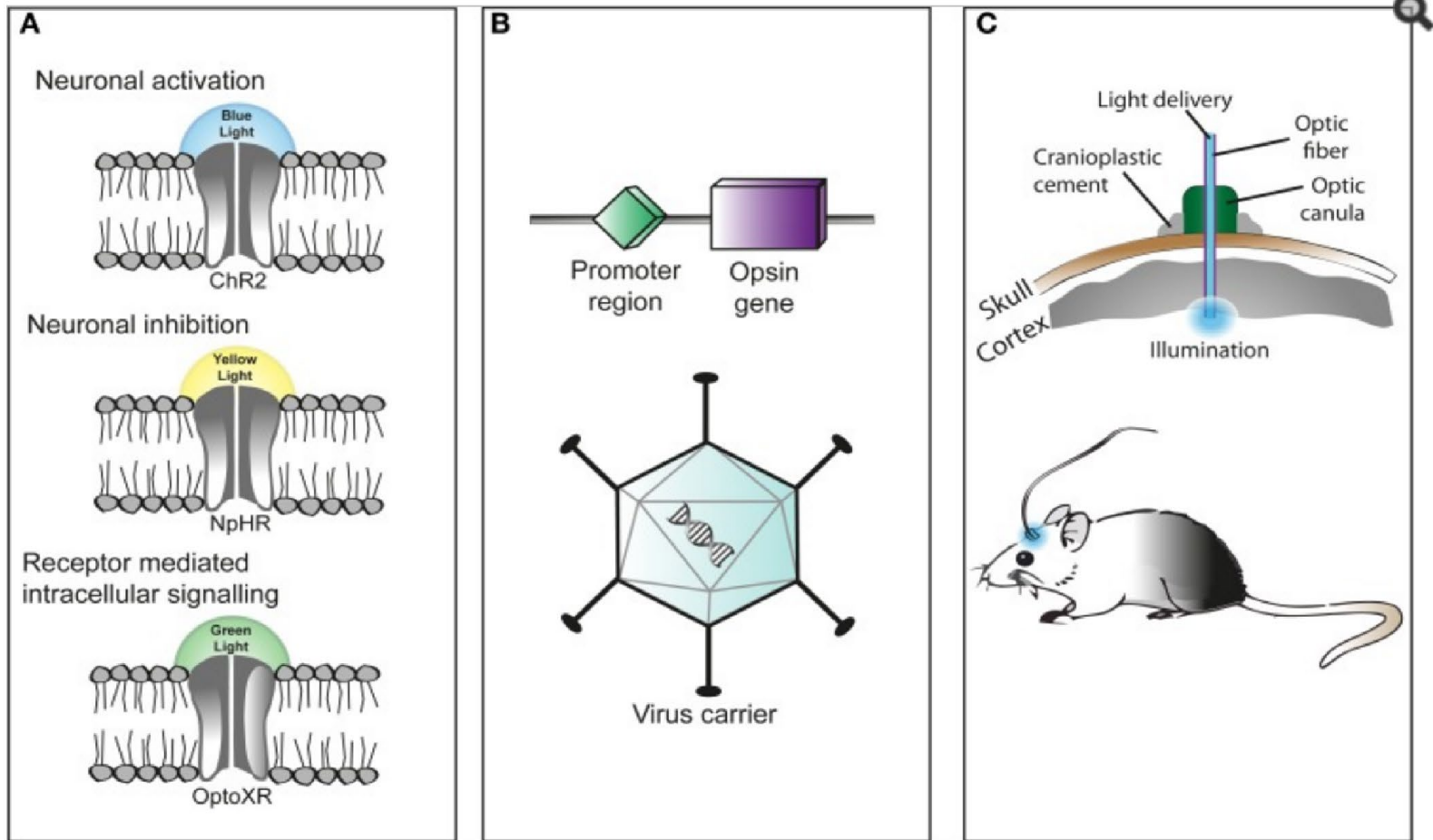
# Vitamin A as hormone and visual pigment



# How do we see the light?



# Optogenetics 光遗传学



(from wikipedia)

The MDT-dmPFC circuit underlies the winner effect

Competition without photostimulation

没有光刺激情况下，两鼠争斗

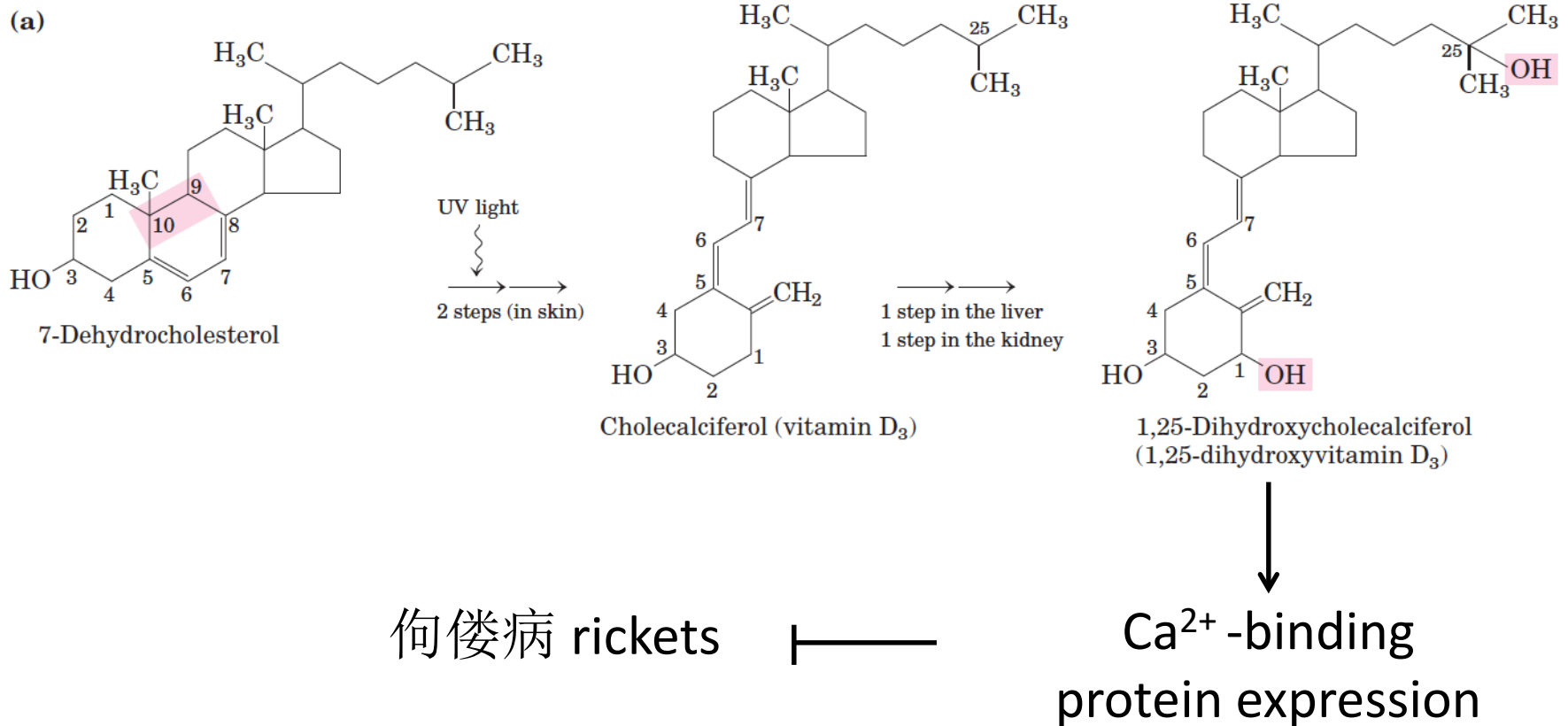
The MDT-dmPFC circuit underlies the winner effect

**Competition with photostimulation  
of prefrontal cortex in mouseB**

**用光刺激B鼠的前额叶皮层细胞后  
两鼠争斗**



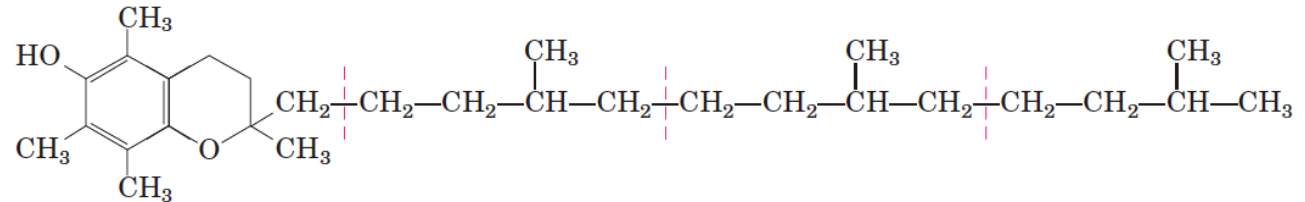
# Vitamin D as hormone precursor



# Other isoprenoid compounds

(a)

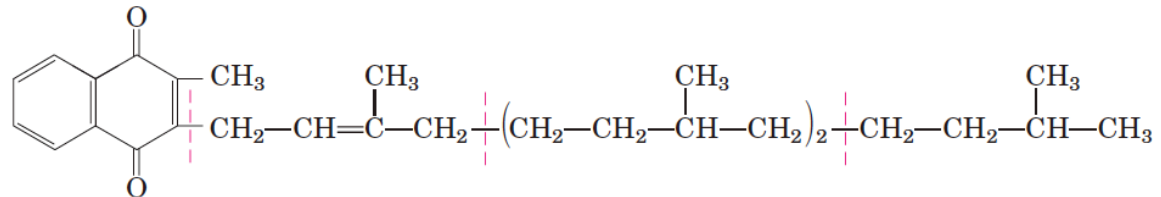
Vitamin E: an antioxidant



Preventing oxidation of unsaturated fatty acids;

(b)

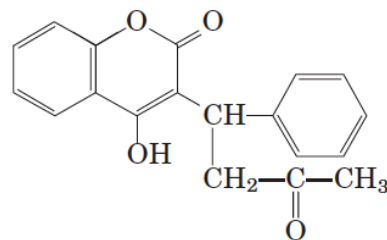
Vitamin K<sub>1</sub>: a blood-clotting cofactor (phylloquinone)



Involved in formation of prothrombin;

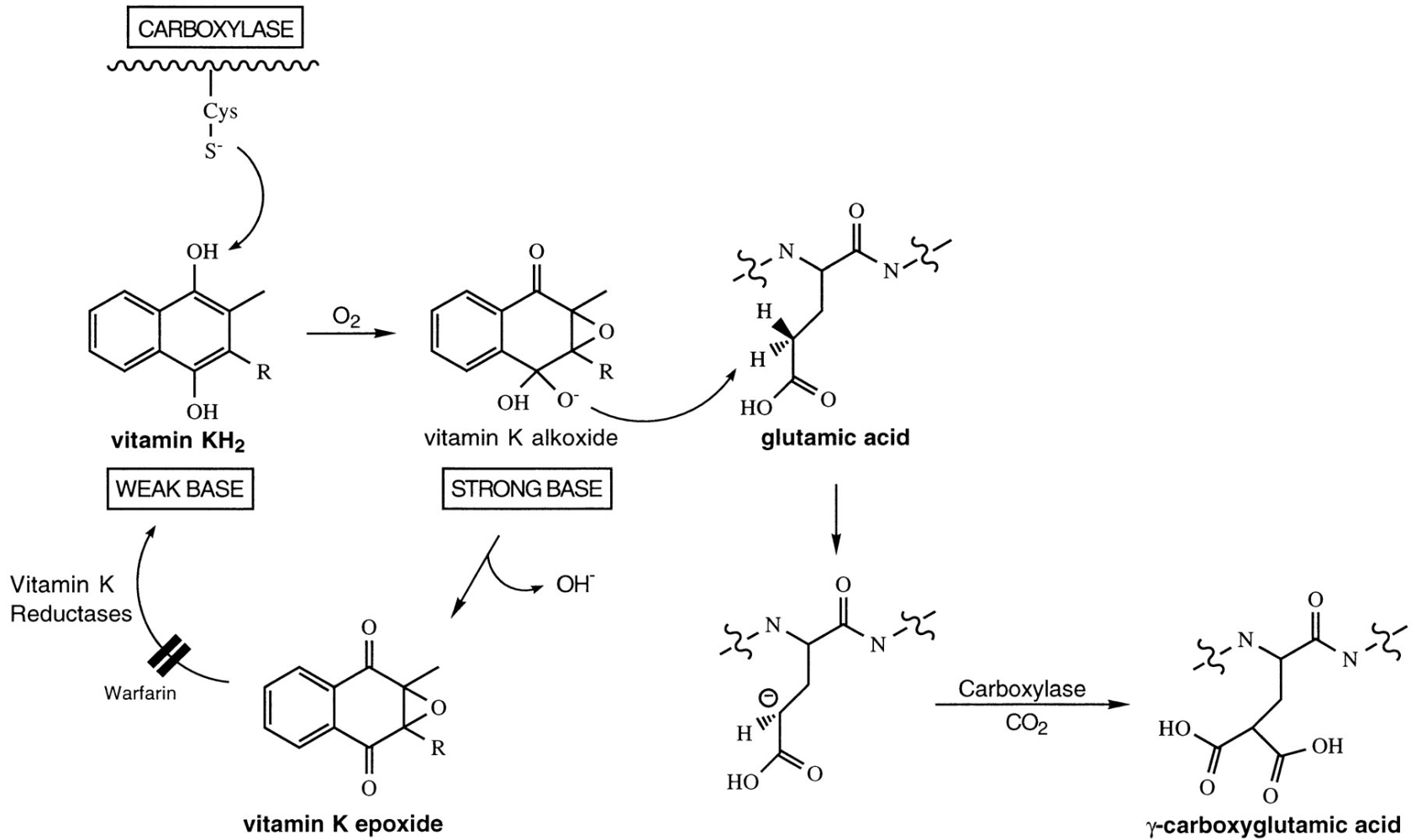
(c)

Warfarin: a blood anticoagulant



杀鼠灵; [医] 华法令阻凝剂。

# Vitamin K cycle

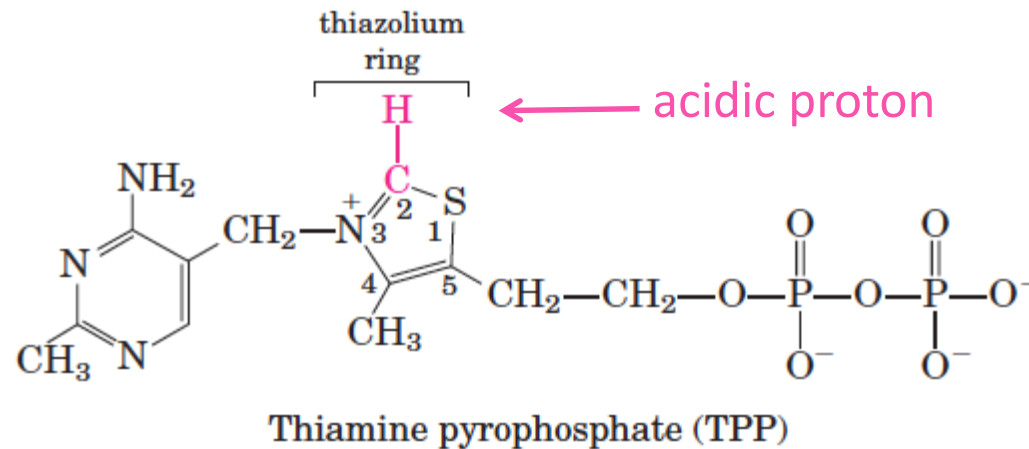


(Furie, Blood, 1999)

# Vitamins often function as coenzymes or cofactors.

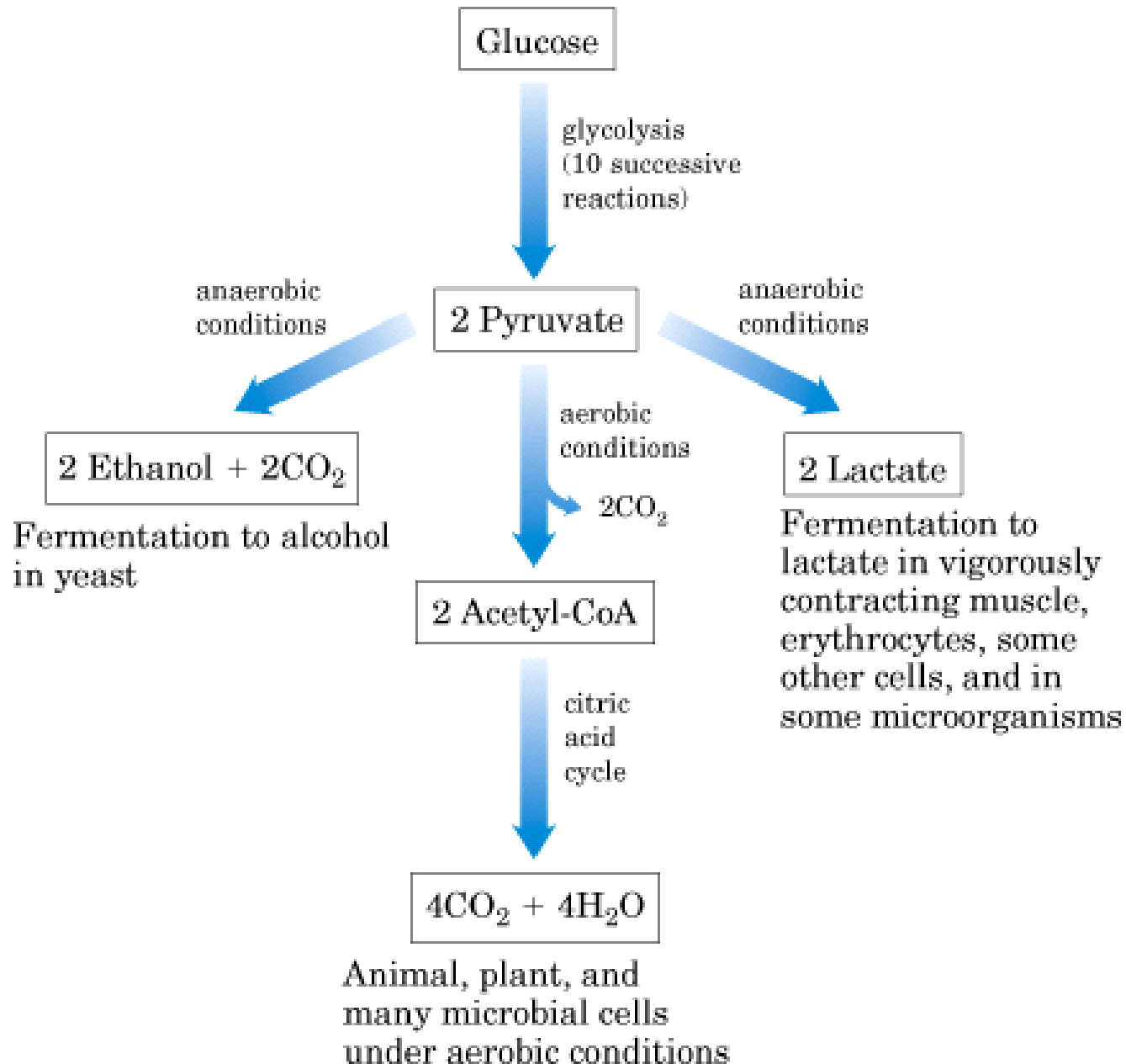
类型	辅酶、辅基或其他活性形式	主要功能
<b>水溶性维生素:</b>		
维生素 B <sub>1</sub> (硫胺素)	硫胺素焦磷酸(TPP)	醛基转移和 $\alpha$ -酮酸的脱羧作用
维生素 B <sub>2</sub> (核黄素)	黄素单核苷酸(FMN)	氧化还原反应
	黄素腺嘌呤二核苷酸(FAD)	氧化还原反应
维生素 PP	烟酰胺腺嘌呤二核苷酸(NAD)	氢原子(电子)转移
(烟酸和烟酰胺)	烟酰胺腺嘌呤二核苷酸磷酸(NADP)	氢原子(电子)转移
泛酸(遍多酸)	辅酶 A(CoA)	酰基转移作用
维生素 B <sub>6</sub> [吡哆醛(醇、胺)]	磷酸吡哆醛、磷酸吡哆胺	氨基酸转氨基、脱羧作用
生物素(维生素 H)	生物胞素	传递 CO <sub>2</sub>
叶酸	四氢叶酸	传递一碳单位
维生素 B <sub>12</sub> (钴胺素)	脱氧腺苷钴胺素(辅酶 B <sub>12</sub> )、甲基钴胺素	氢原子 1,2 交换(重排作用), 甲基化
硫辛酸	硫辛酰赖氨酸	酰基转移, 氧化还原反应
维生素 C(抗坏血酸)	—	羟基化反应辅助因子
<b>脂溶性维生素:</b>		
维生素 A(视黄醇)	11- 顺视黄醛	视循环
维生素 D(钙化醇)	1,25 - 二羟胆钙化醇[1,25 -(OH) <sub>2</sub> D <sub>3</sub> ]	调节钙、磷代谢
维生素 E(生育酚)		保护膜脂质、抗氧化剂
维生素 K(凝血维生素)		羧化反应的辅助因子, 参与氧化还原反应

# Vitamin B<sub>1</sub>: thiamine 硫胺素

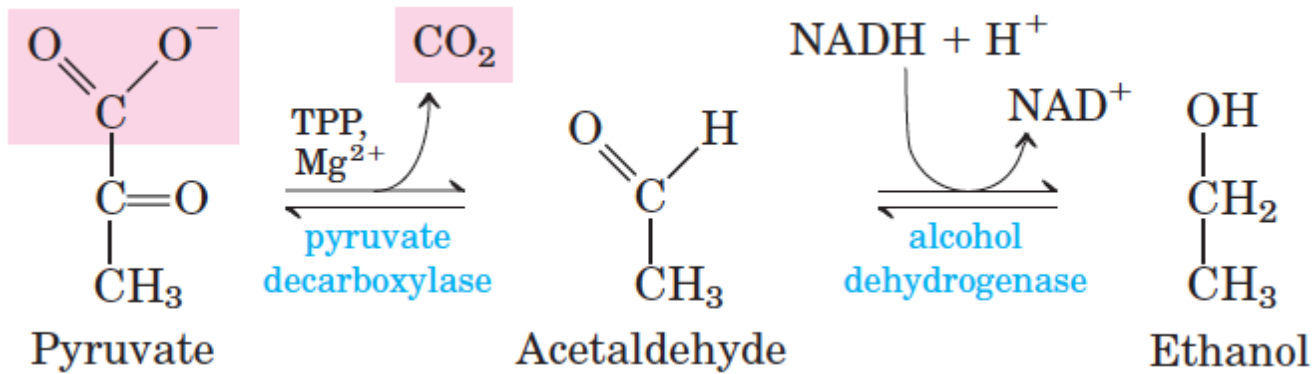


**TABLE 14-1** Some TPP-Dependent Reactions

Enzyme	Pathway(s)	Bond cleaved	Bond formed
<u>Pyruvate decarboxylase</u>	Ethanol fermentation	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{O} \\ \parallel \quad \parallel \\ \text{R}^1-\text{C}-\text{C} \\ \quad \quad \backslash \\ \quad \quad \text{O}^- \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}^1-\text{C} \\ \quad \backslash \\ \quad \text{H} \end{array}$
Pyruvate dehydrogenase $\alpha$ -Ketoglutarate dehydrogenase	Synthesis of acetyl-CoA Citric acid cycle	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{O} \\ \parallel \quad \parallel \\ \text{R}^2-\text{C}-\text{C} \\ \quad \quad \backslash \\ \quad \quad \text{O}^- \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}^2-\text{C} \\ \quad \backslash \\ \quad \text{S-CoA} \end{array}$
Transketolase	Carbon-assimilation reactions Pentose phosphate pathway	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{OH} \\ \parallel \quad   \\ \text{R}^3-\text{C}-\text{C}-\text{R}^4 \\ \quad \quad   \\ \quad \quad \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{OH} \\ \parallel \quad   \\ \text{R}^3-\text{C}-\text{C}-\text{R}^5 \\ \quad \quad   \\ \quad \quad \text{H} \end{array}$



# Ethanol fermentation 乙醇发酵

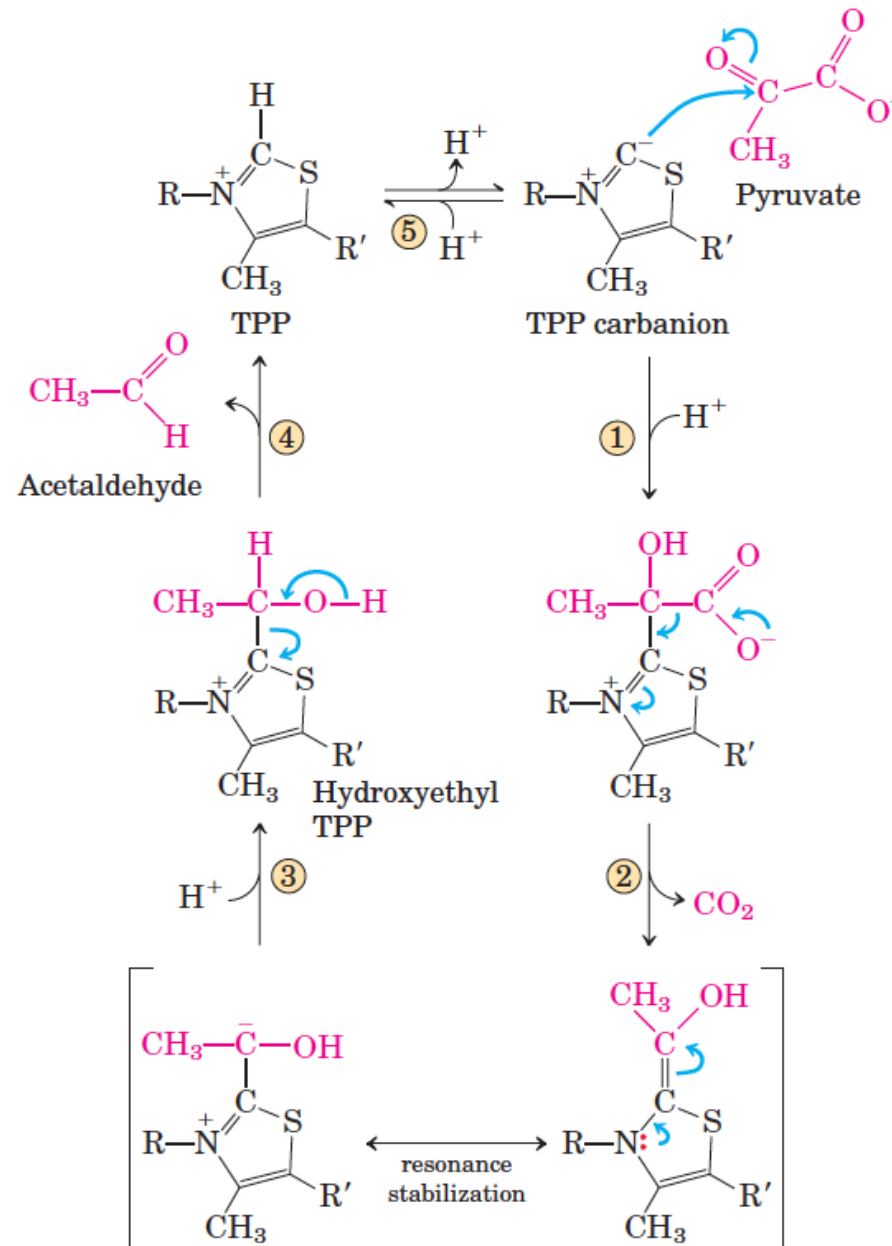


champagne



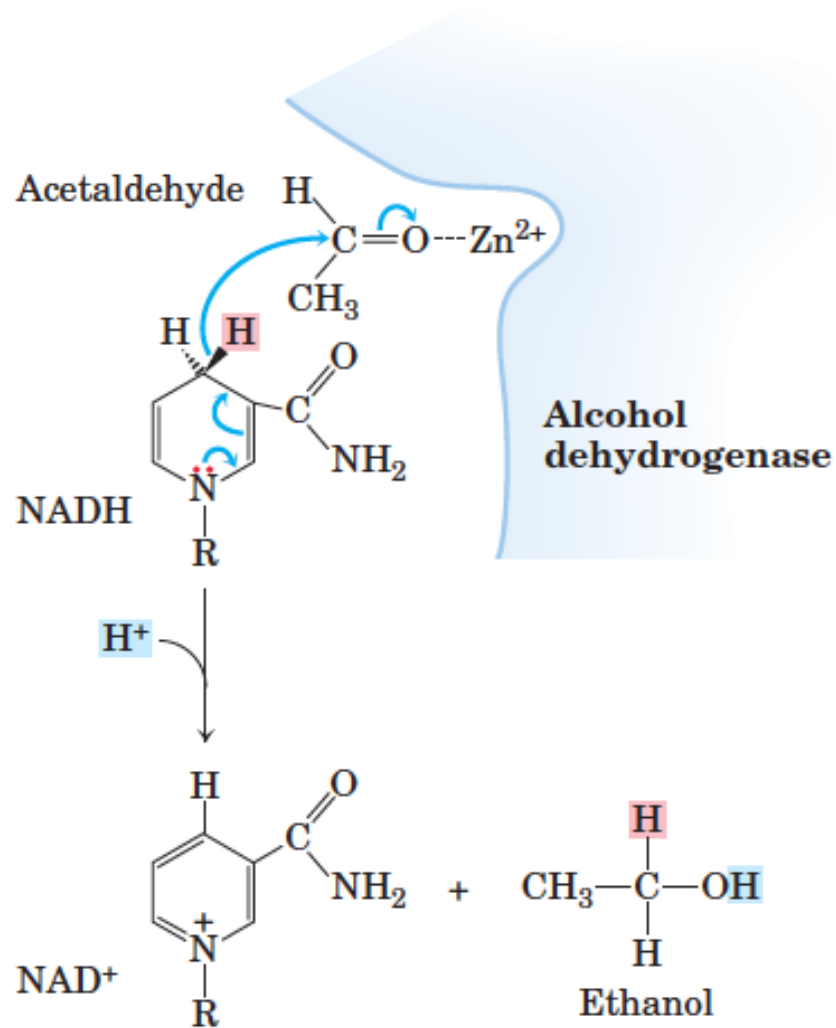
dough

# Pyruvate decarboxylase 丙酮酸脱羧酶



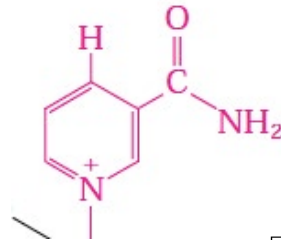


# Alcohol dehydrogenase 乙醇脱氢酶

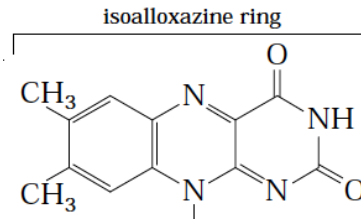


# The electron carriers in the cell

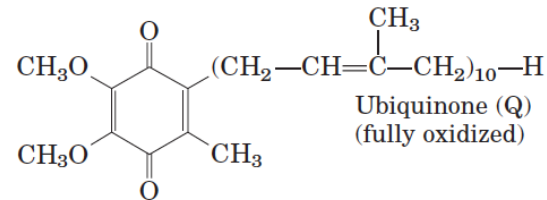
❑ NAD(P)



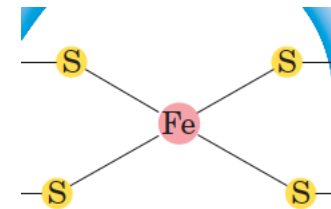
❑ FAD/FMN



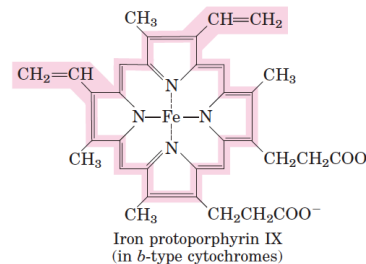
❑ Coenzyme Q



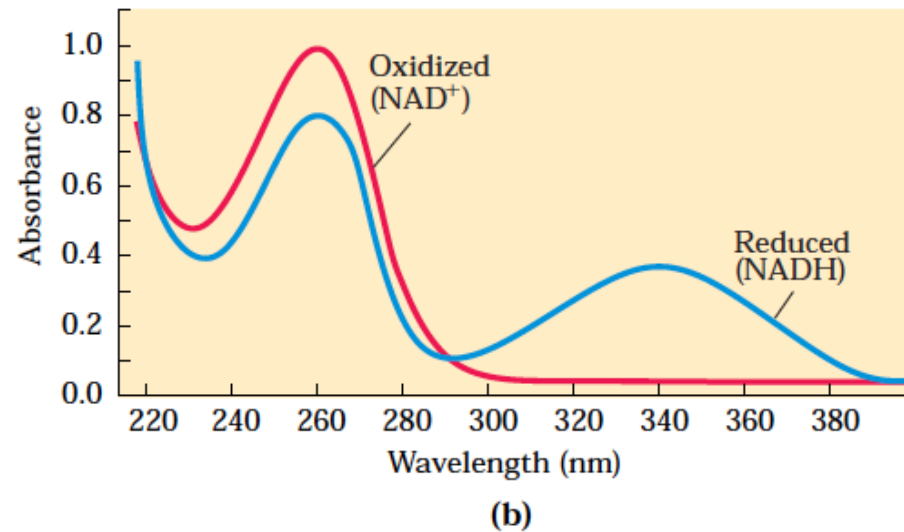
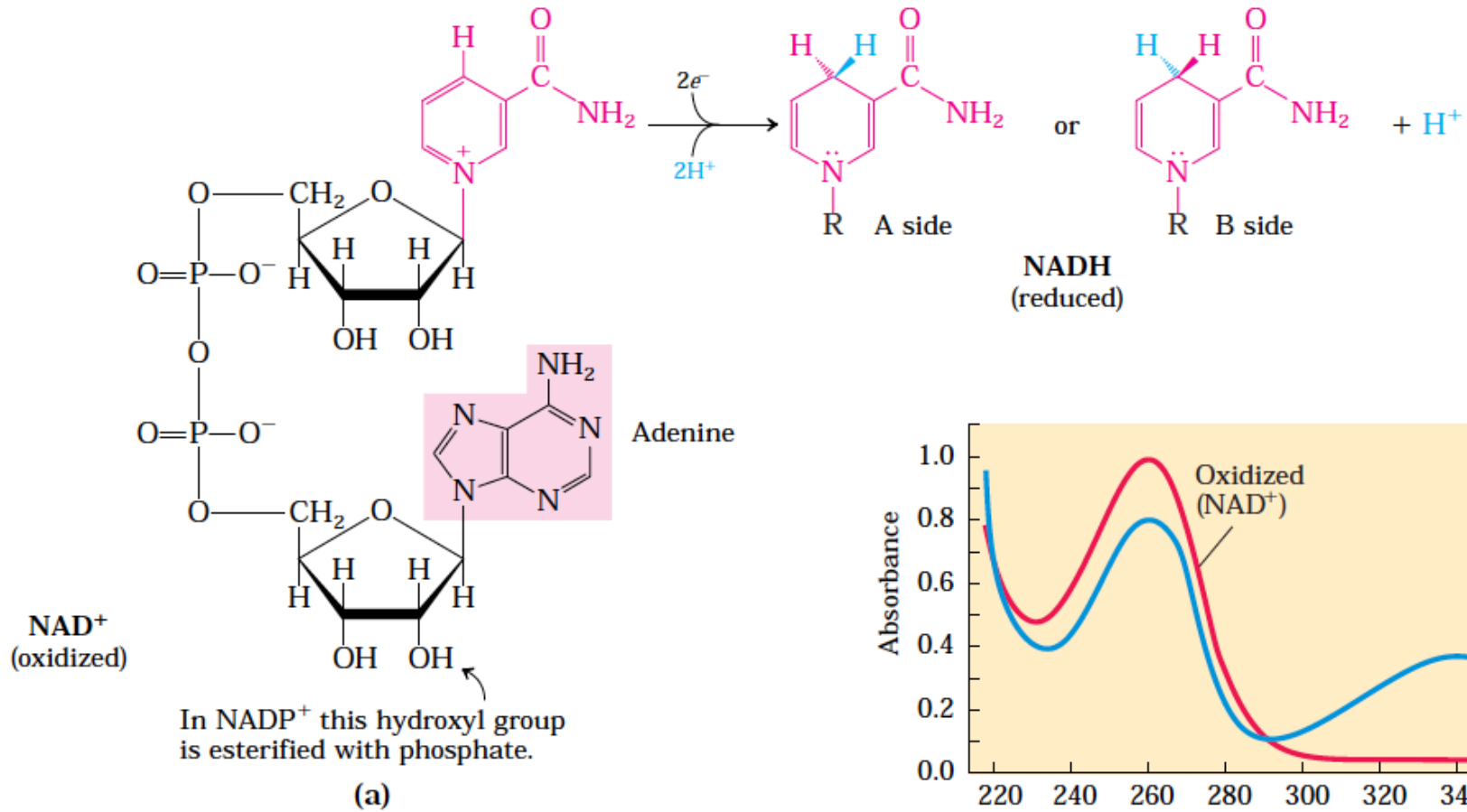
❑ Iron-sulfur (Fe-S) clusters



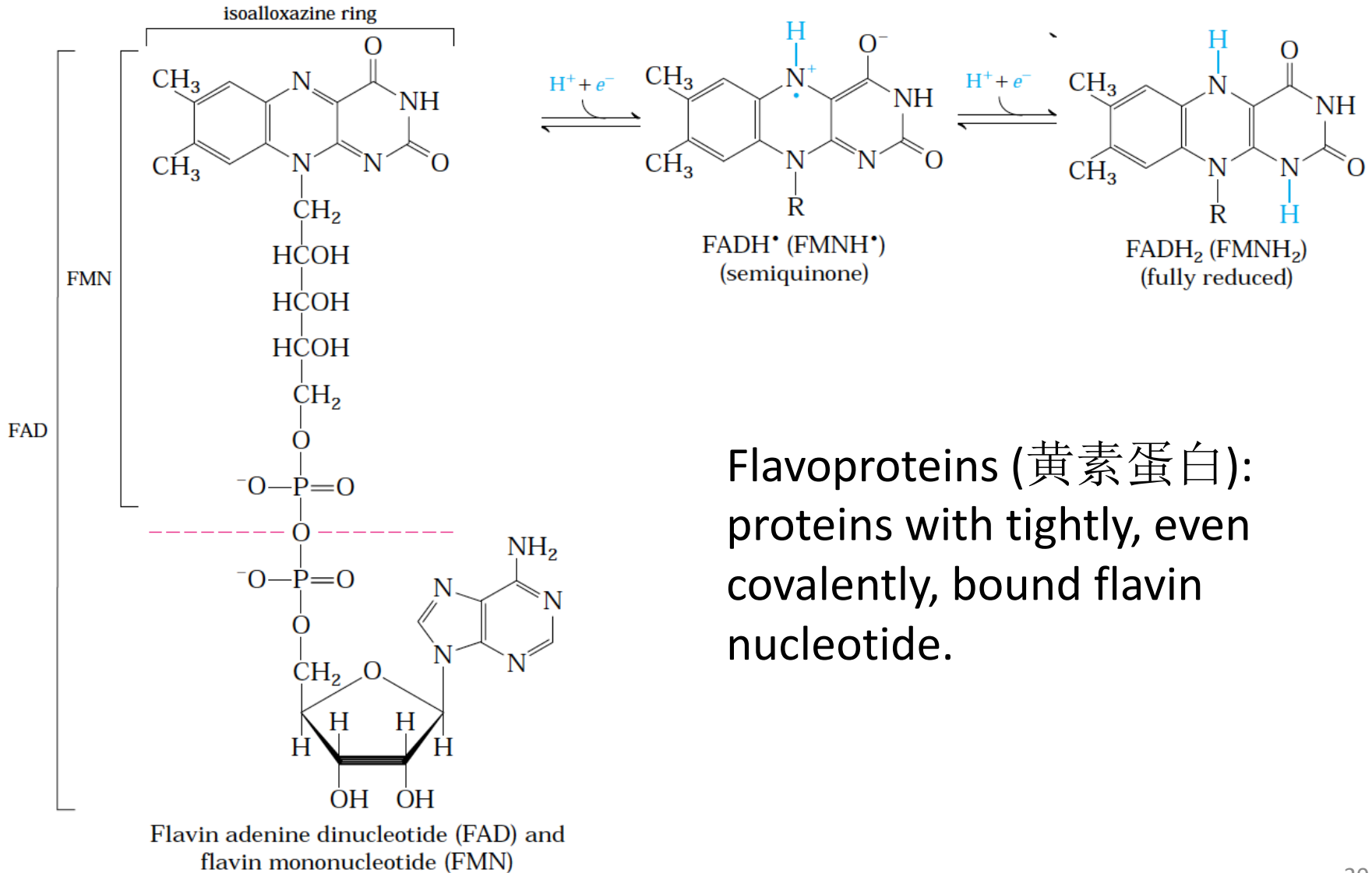
❑ Cytochromes



# NAD (辅酶I) and NADP (辅酶II)

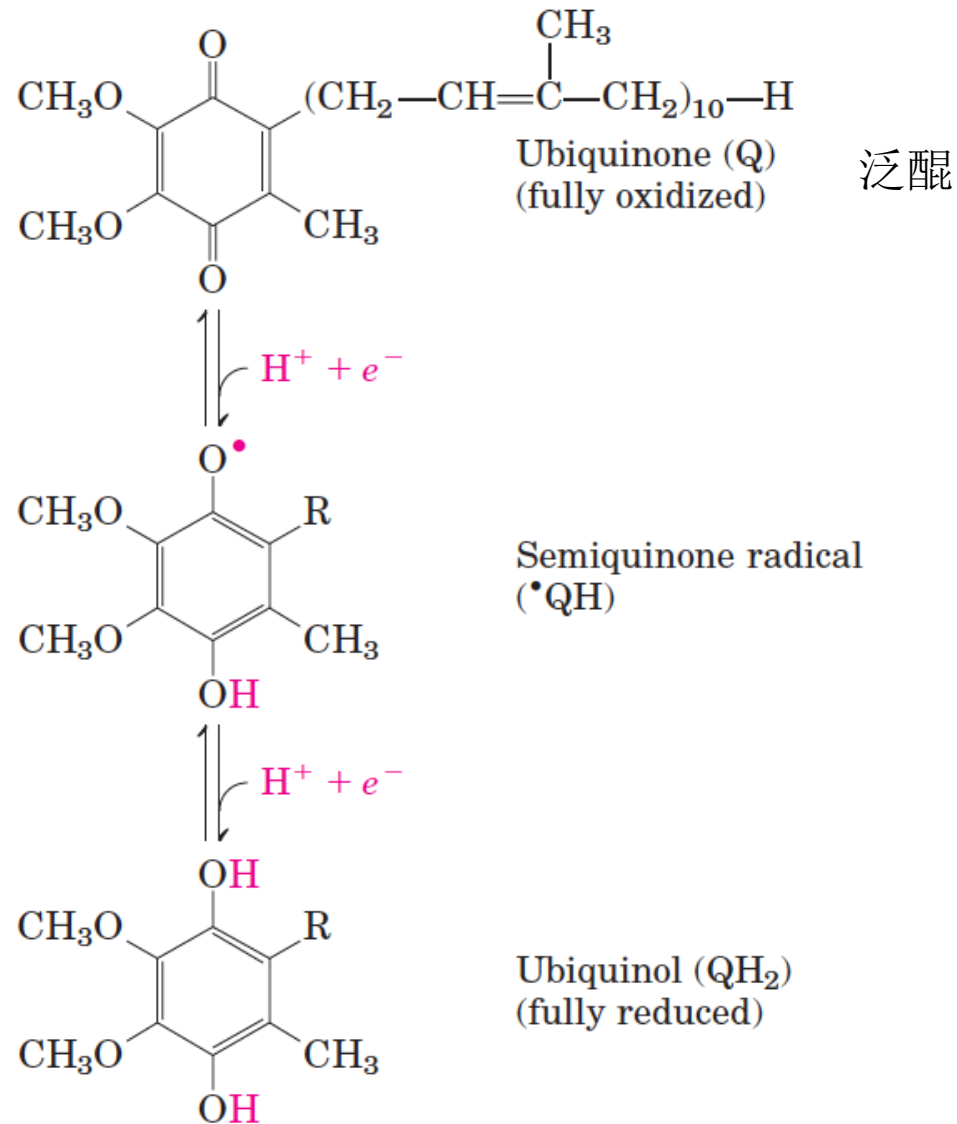


# FMN (黄素单核苷酸) and FAD

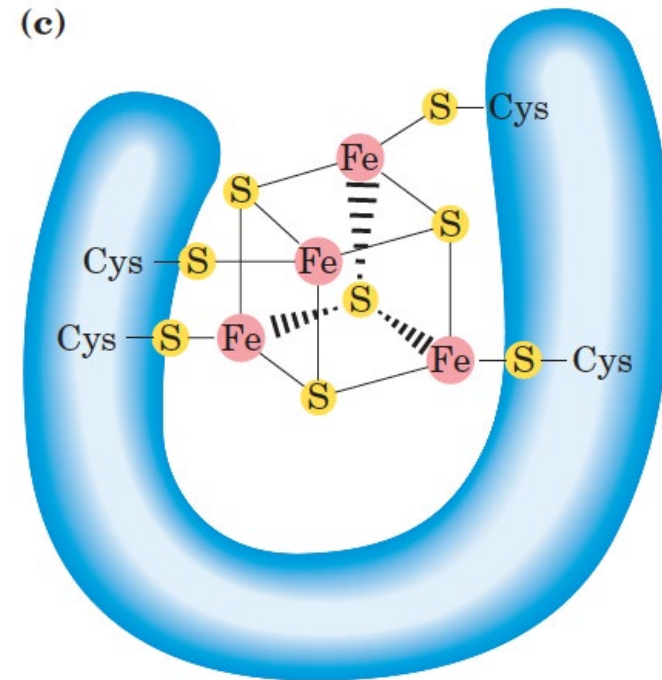
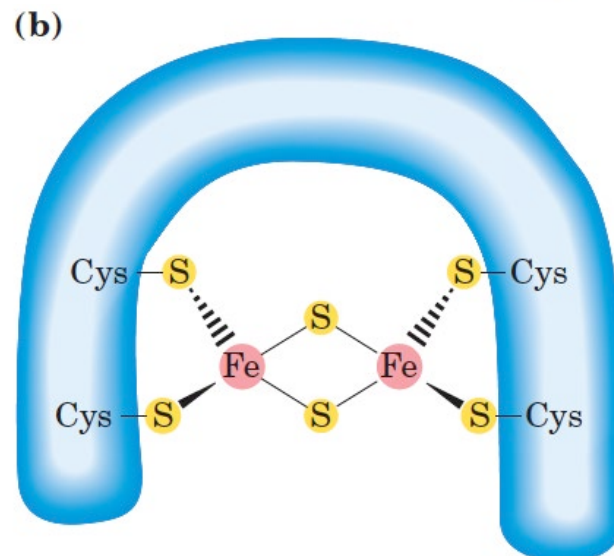
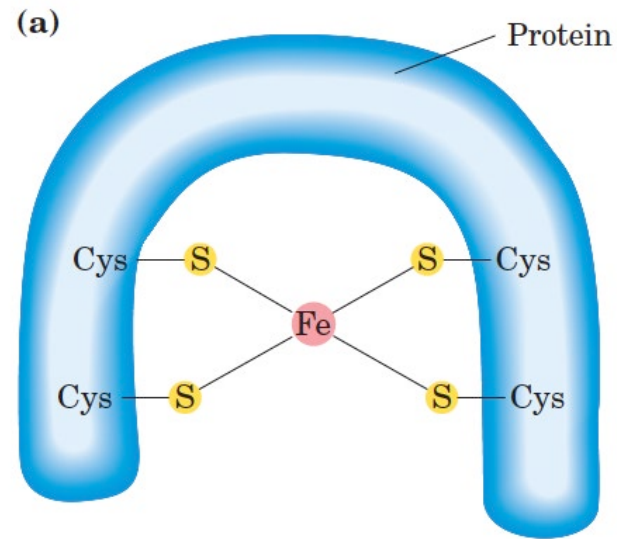


Flavoproteins (黄素蛋白):  
proteins with tightly, even  
covalently, bound flavin  
nucleotide.

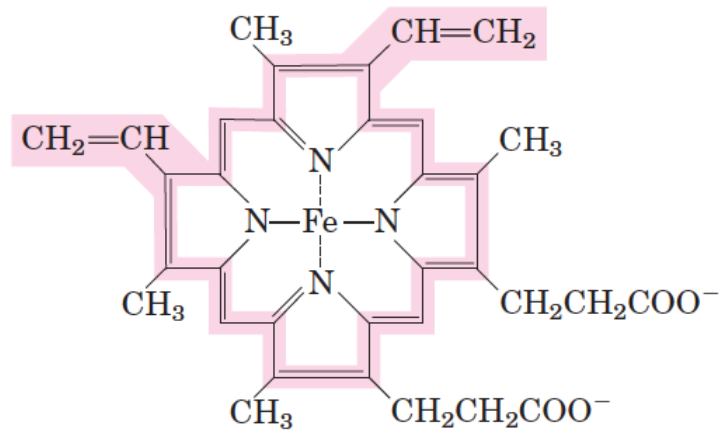
## Other electron-carrying molecules—Coenzyme Q10



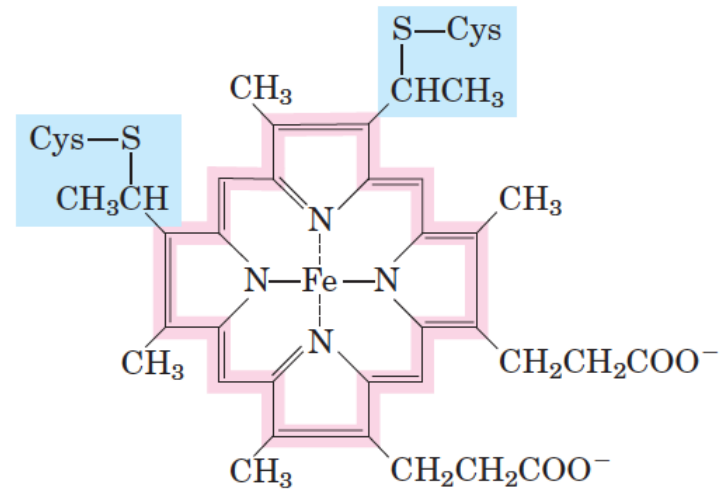
# Other electron-carrying molecules—iron-sulfur proteins



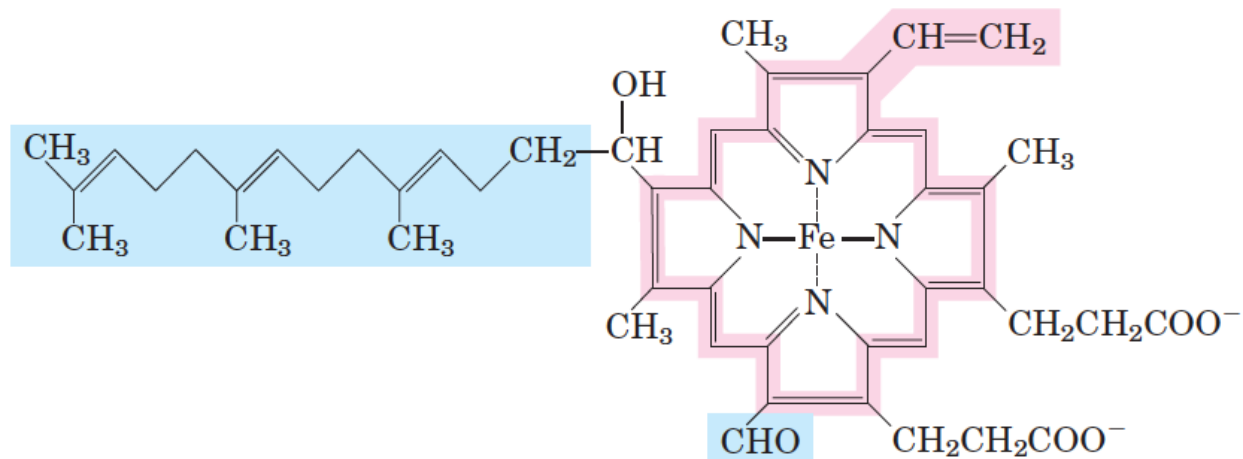
# Other electron-carrying molecules—cytochromes



Iron protoporphyrin IX  
(in *b*-type cytochromes)

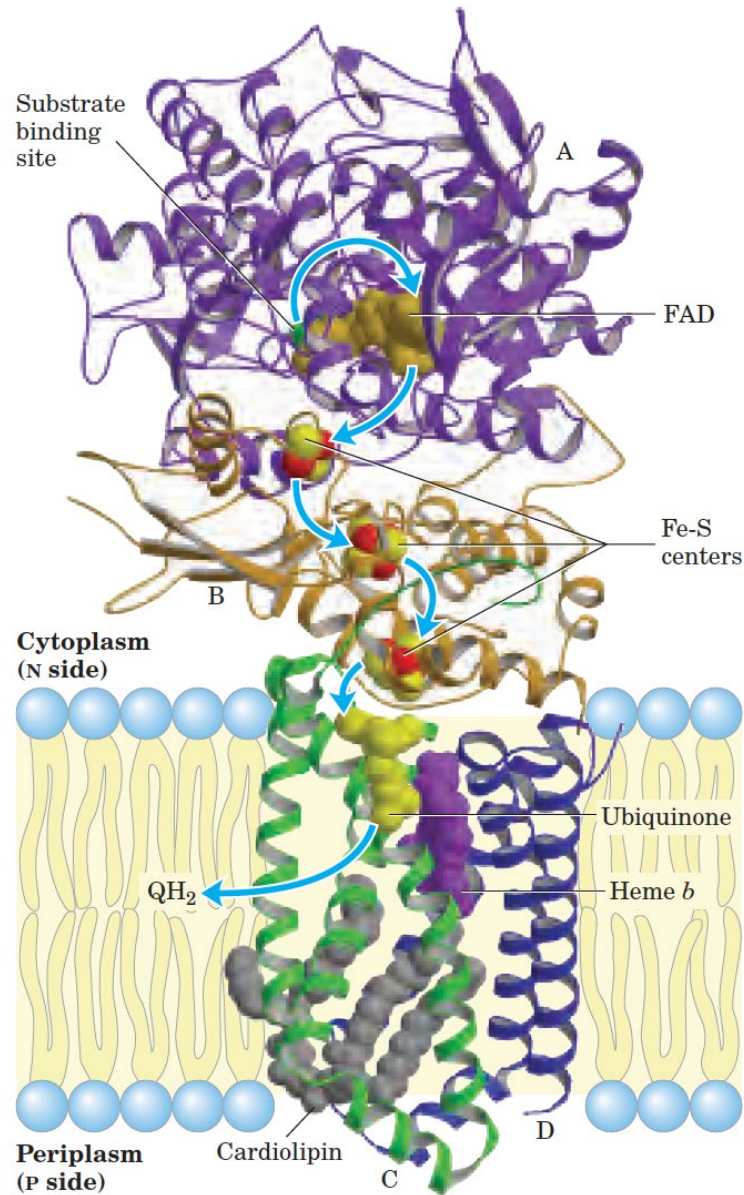


Heme C  
(in *c*-type cytochromes)



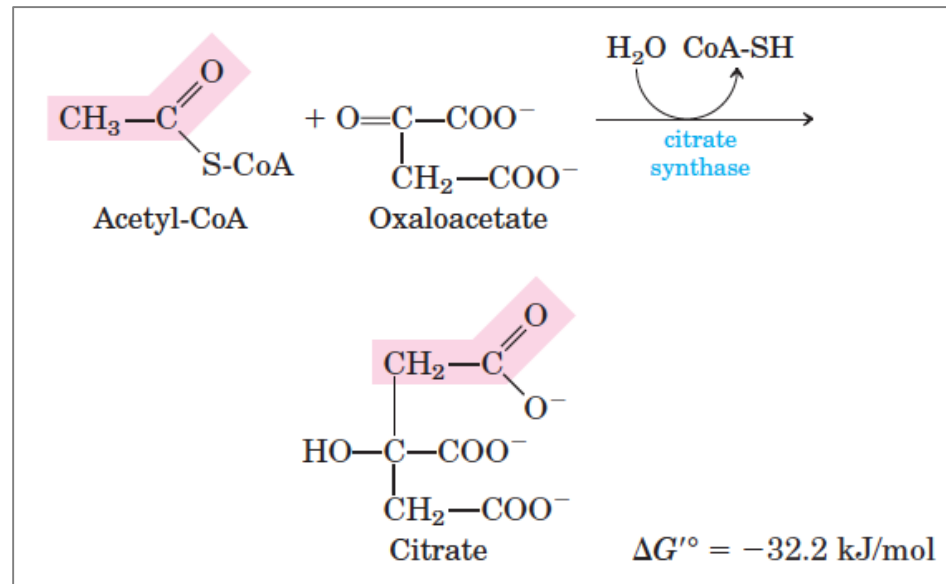
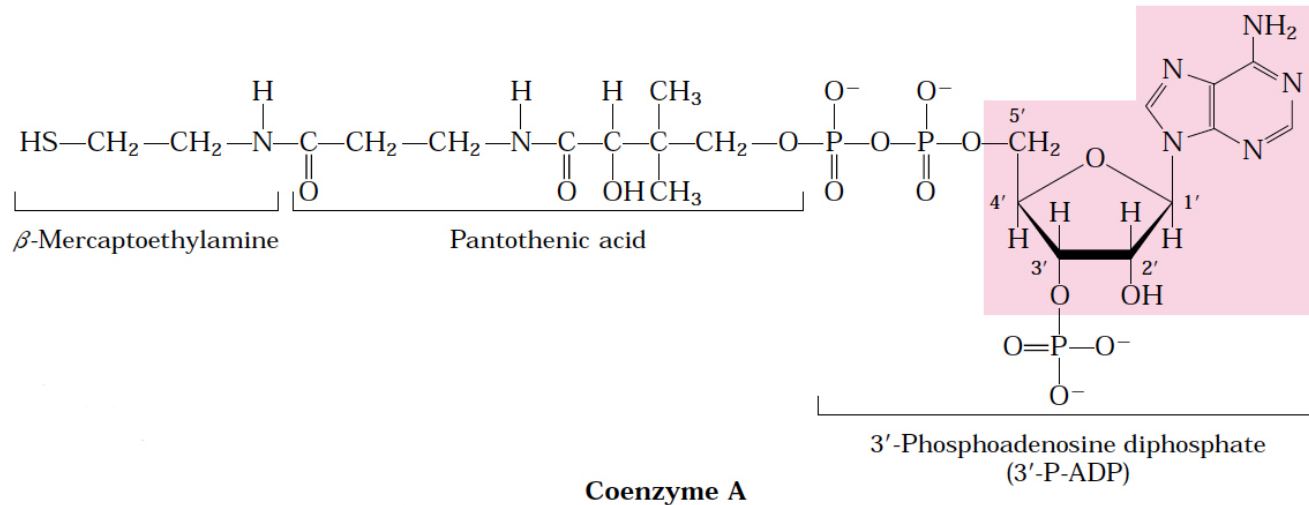
Heme A  
(in *a*-type cytochromes)

# Respiratory chain complex II: succinate dehydrogenase.

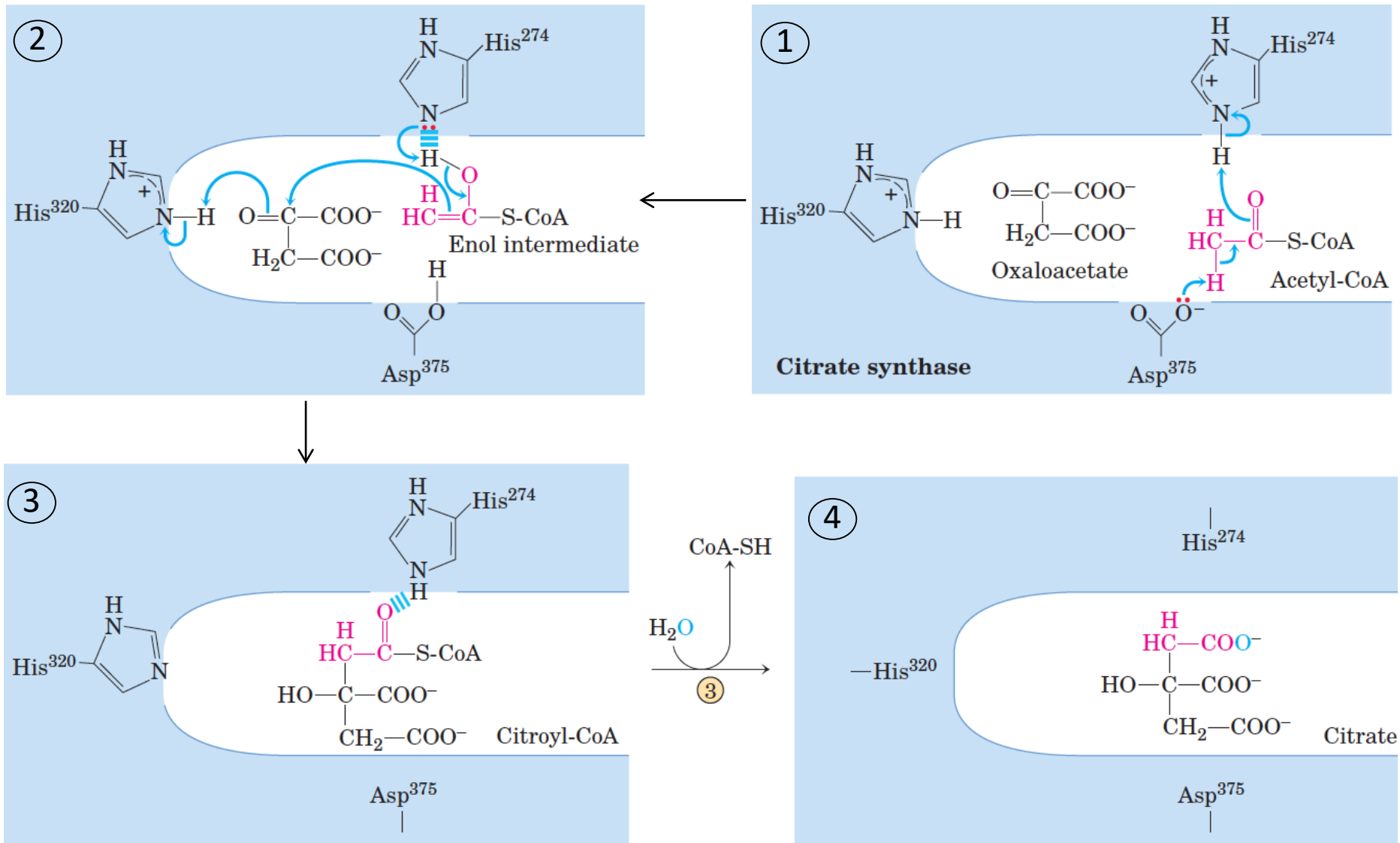




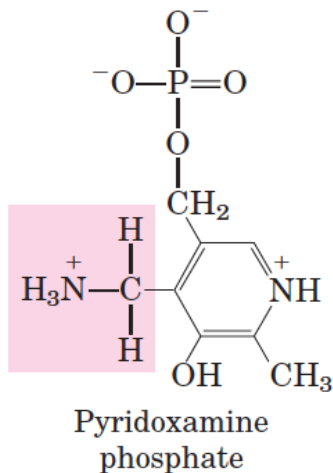
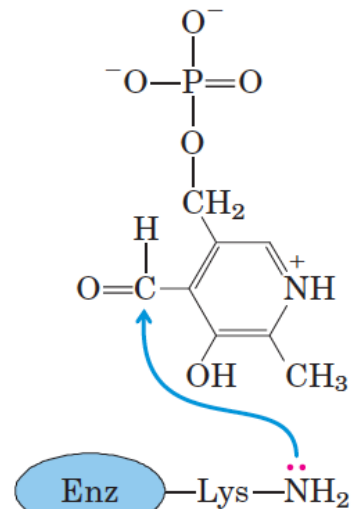
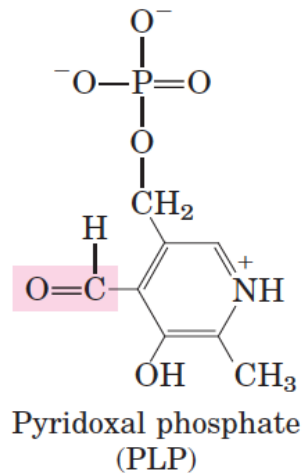
# Coenzyme A: activating acyl group.



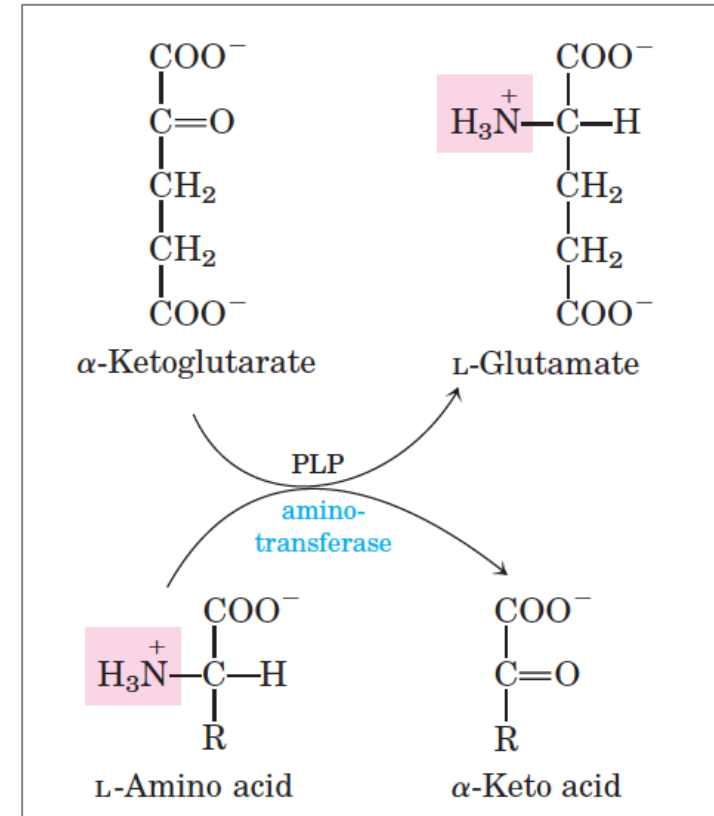
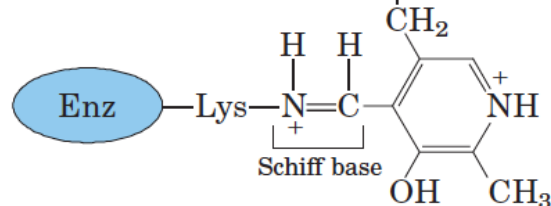
# Citrate synthase mechanism



# Vitamin B6: pyridoxal-5-phosphate (PLP) 磷酸吡哆醛

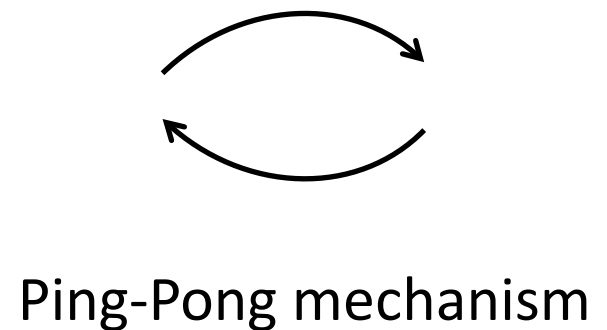
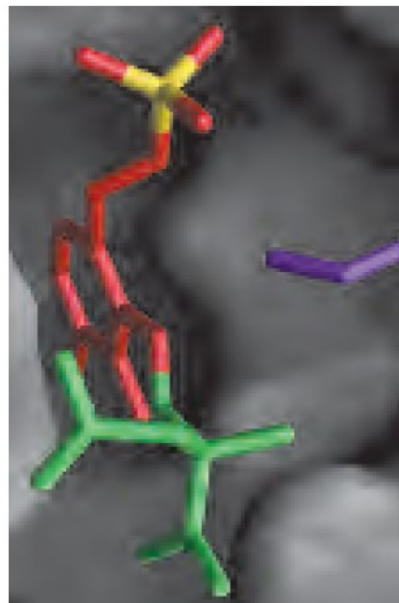
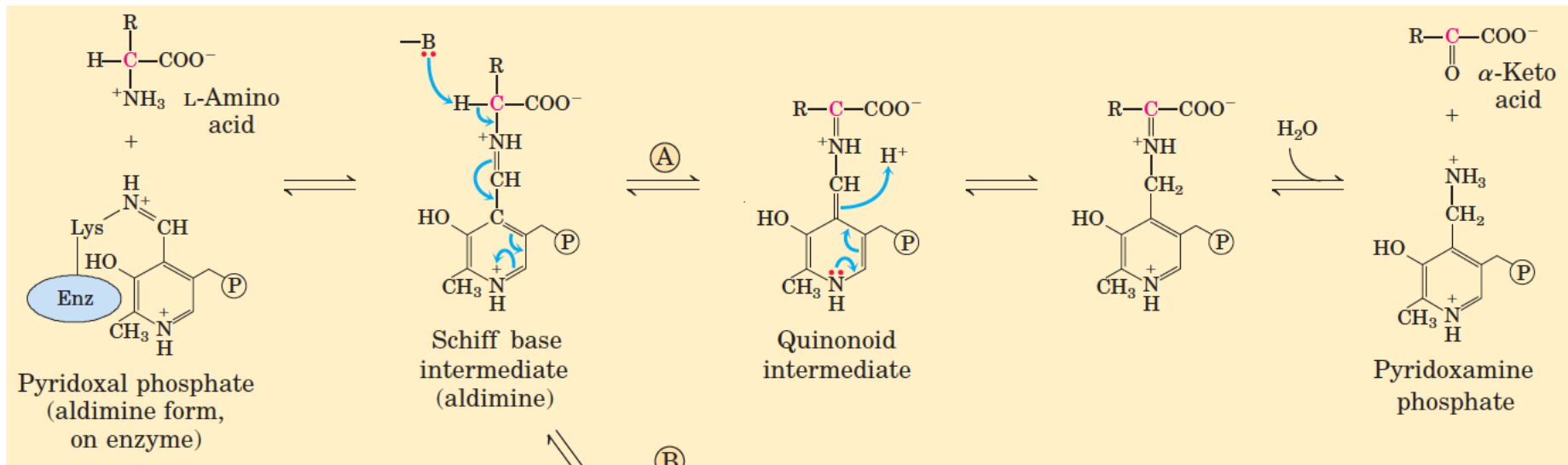


(a)

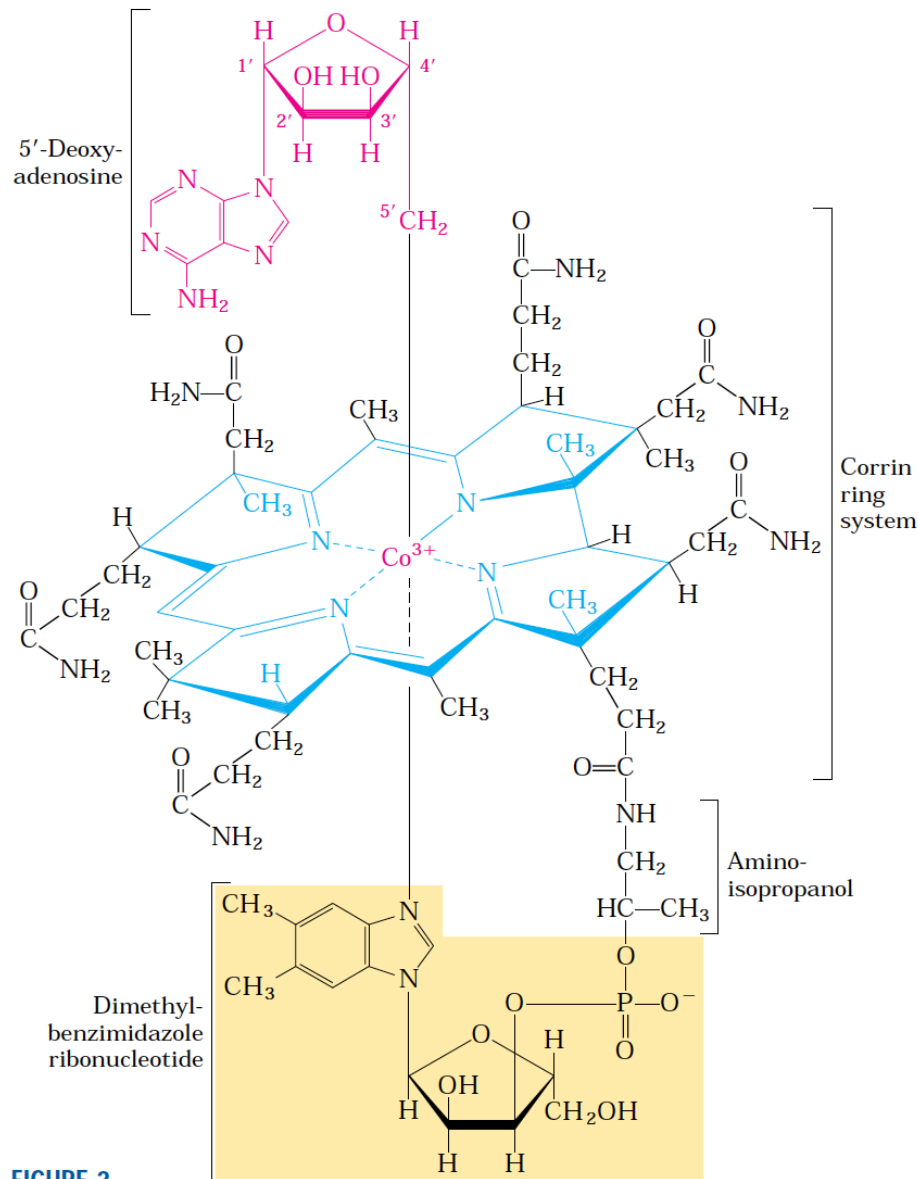


转氨反应

# Transamination mechanism



# Vitamin B<sub>12</sub>: 5'-deoxyadenosylcobalamin 5'-脱氧腺苷钴胺素

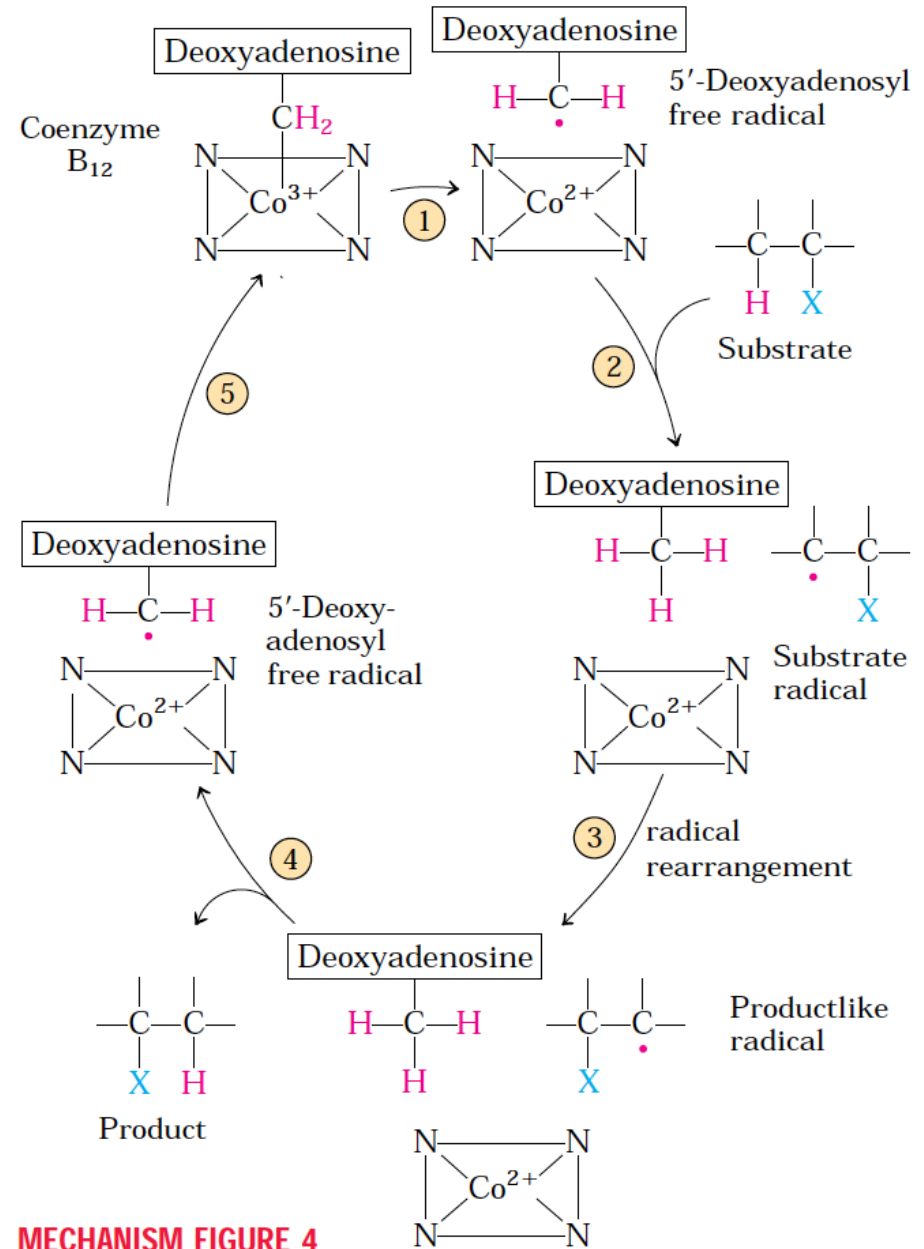
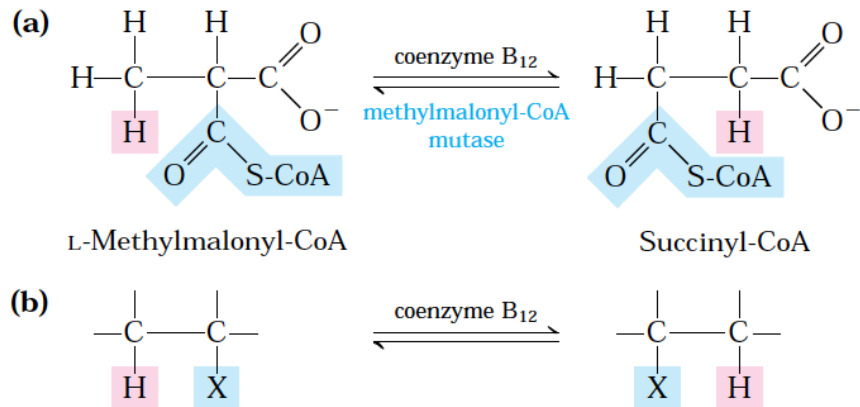


Dorothy Crowfoot Hodgkin

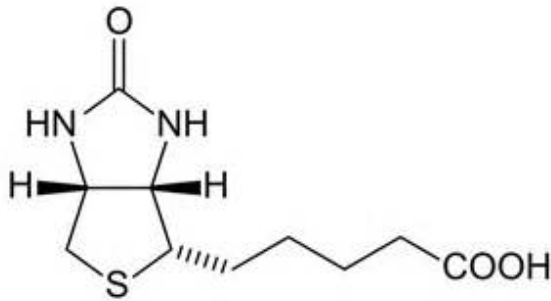
Nobel Prize in Chemistry 1964  
*"for her determinations by X-ray techniques of the structures of important biochemical substances".*

FIGURE 2

# Hydrogen exchange reactions

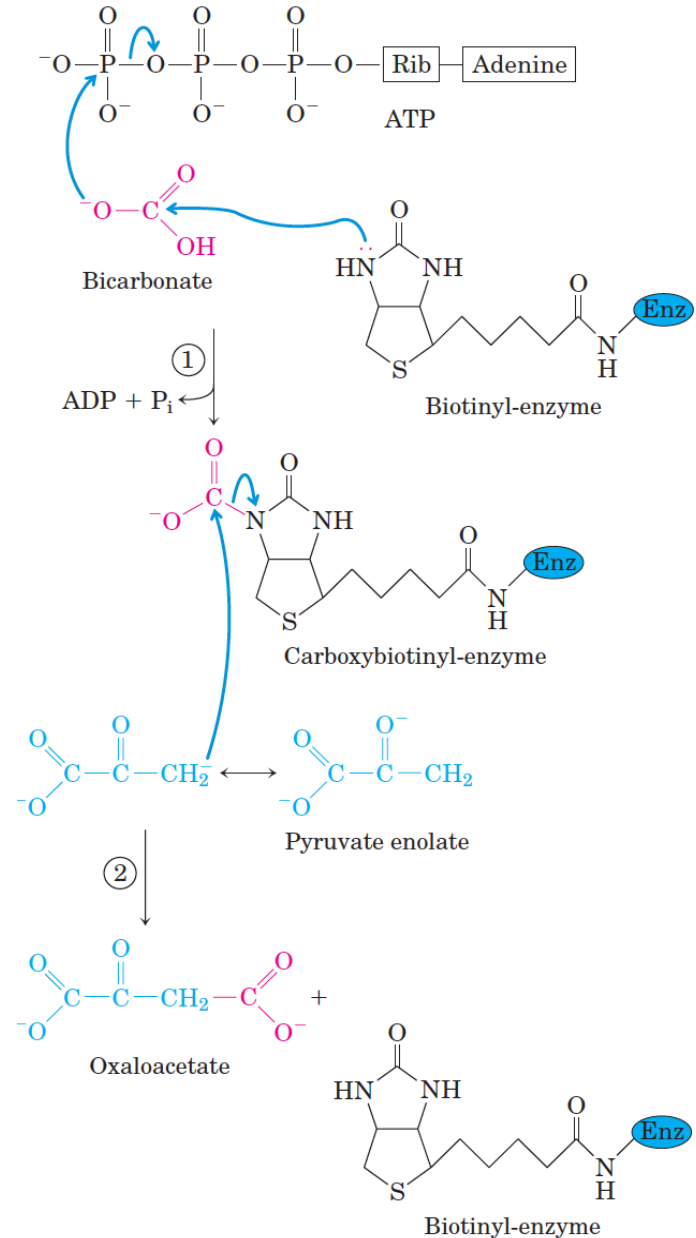


# Vitamin H: biotin 生物素

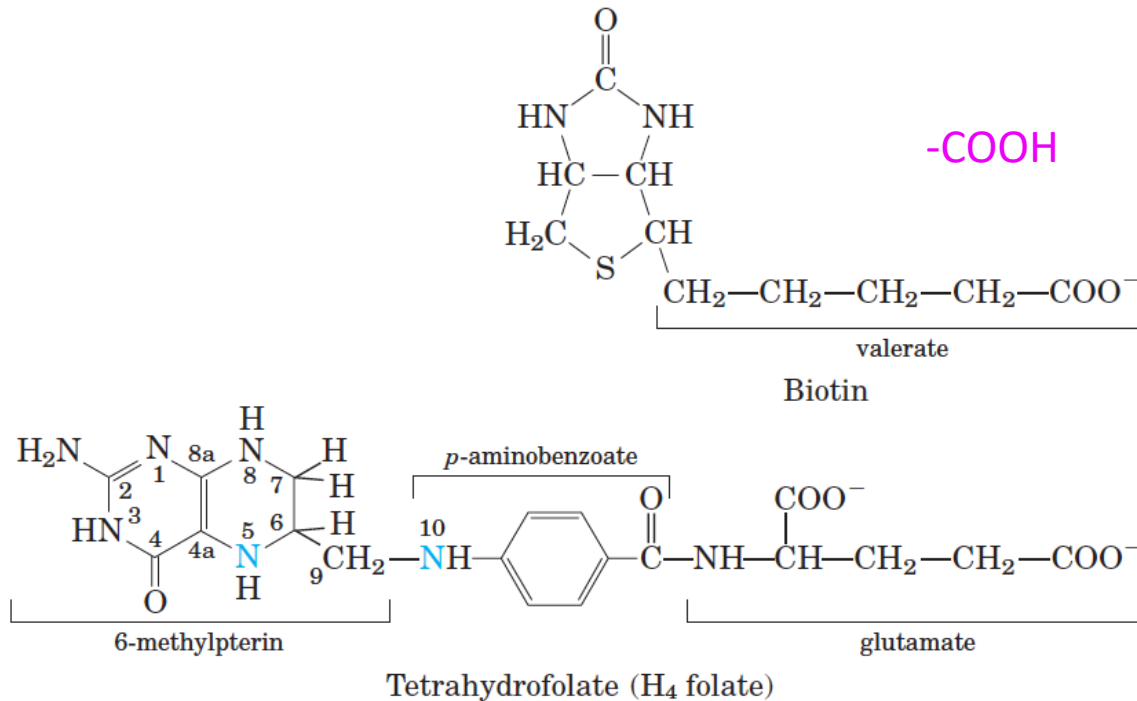


Coenzyme for carboxylase;

Biotin-avidin high affinity interaction is widely utilized.

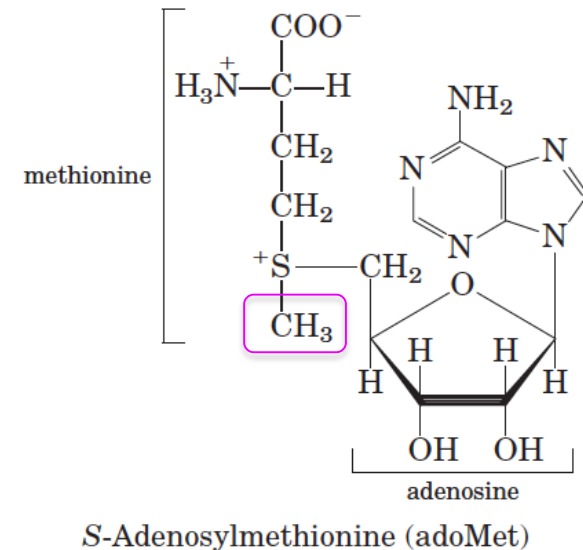


# Enzyme cofactors for one-carbon transfer reactions.



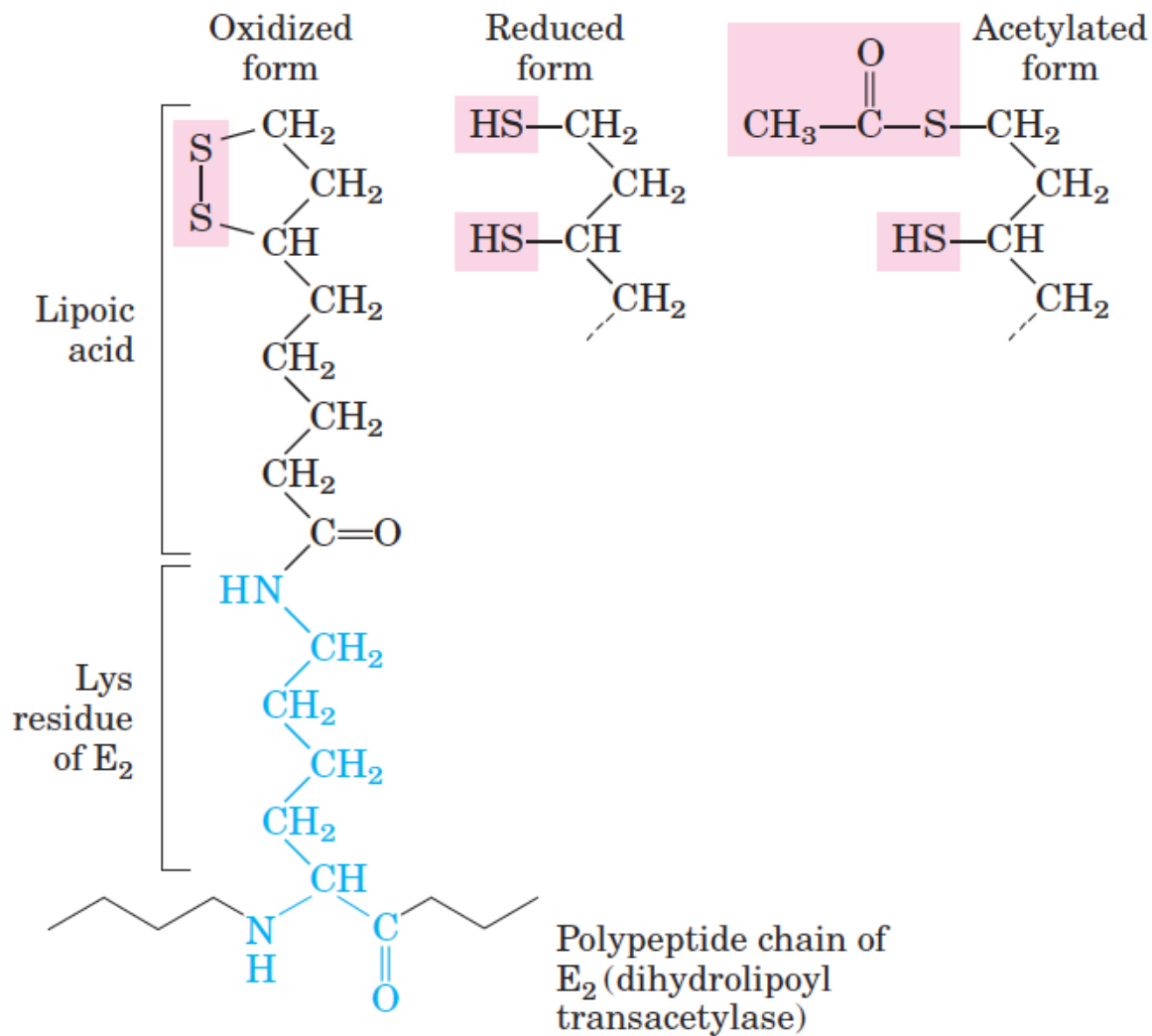
四氢叶酸

-CHO, -CH<sub>2</sub>OH, -CH<sub>3</sub>



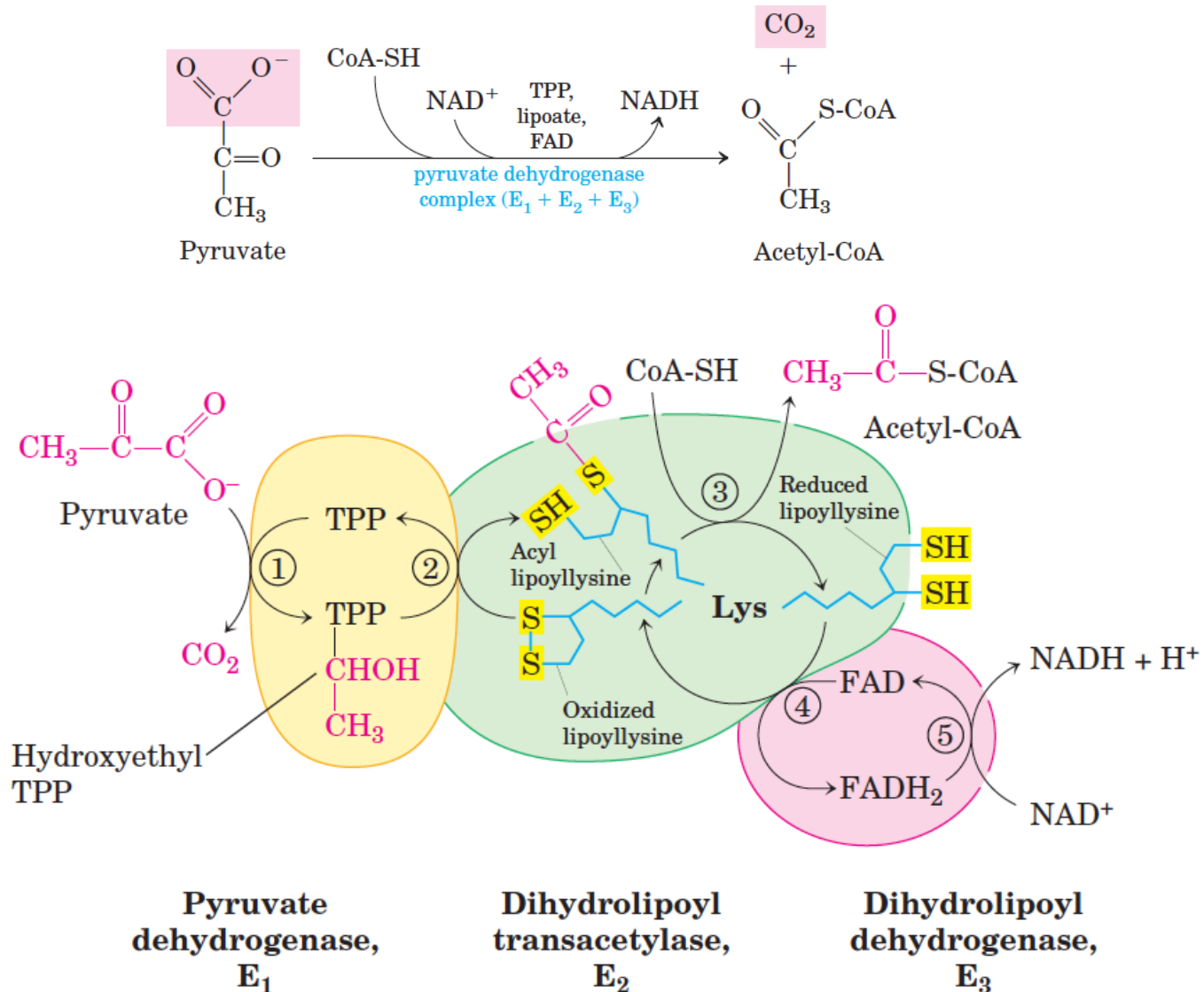


# Lipoic acid 硫辛酸

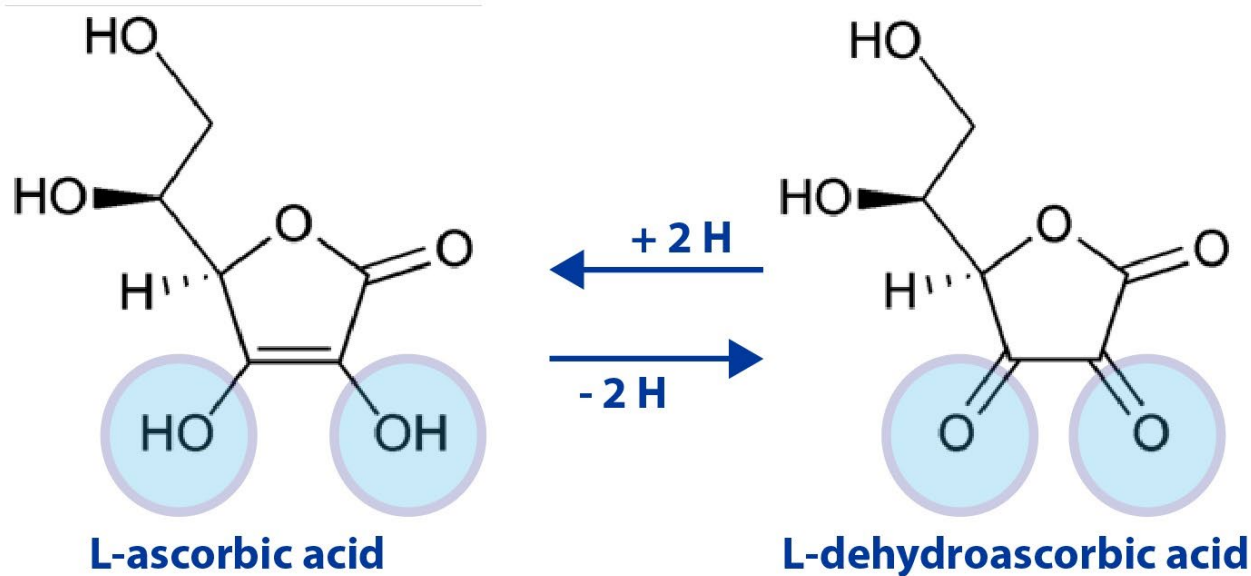


偶联酰基转移和电子转移。

Pyruvate dehydrogenase complex has five different coenzymes.



## Vitamin C: ascorbic acid 抗坏血酸



抗氧化作用（保护-SH，GSH，维生素A、E、B）；

参与羟基化反应；

刺激免疫系统等作用。



维生素A	3500IU	碘	150微克
维生素C	60毫克	镁	50毫克
维生素D	1000IU	锌	11毫克
维生素E	30IU	硒	55微克
维生素K	25微克	铜	0.5毫克
硫胺素	1.5毫克	锰	2.3毫克
核黄素	1.7毫克	铬	35微克
烟酸	20毫克	钼	45微克
维生素B6	2毫克	氯化物	72毫克
叶酸	400微克	钾	80毫克
维生素B12	6微克	硼	75微克
生物素	30微克	镍	5微克
泛酸	10毫克	硅	2毫克
钙	200毫克	锡	10微克
铁	18毫克	钒	10微克
磷	20毫克		