



第4章

微生物的营养

武汉大学生命科学学院

陈向东

第四章、微生物的营养（3学时）

1、微生物需要哪些营养？吃什么食物？微生物需要哪些必需的元素？

2、微生物是怎样吃东西的？给它们做饭麻烦吗？

人工配置培养基时需要注意什么条件？

3、微生物有“偏食”现象吗？它们会比较优先选择哪些物质？

为什么会有这种选择？

微生物一般需要哪些营养物质？这些物质对微生物的生长有什么作用？

4、微生物是通过什么方法得到营养物质的？又是如何利用那些营养物质的？

5、营养过剩时，微生物懂得控制饮食吗？还是像金鱼一样

不停地吃直到撑死？

6、营养不足时，微生物会怎样？会长得比较瘦小？休眠？

（例如形成芽胞）

本章内容：

本章学习重点：

第一节，微生物的营养要求

（微生物们需要吃什么？）

微生物的营养类型及其特点

第二节，培养基

（如何给微生物们做饭）

如何根据需要正确地选择和使用培养基

第三节，营养物质进入细胞

（微生物们是怎样吃东西的）

微生物吸收营养物质的主要方式及其基本特点

第一节 微生物的营养要求

(参见p76 ~ 81)

微生物需要哪些营养？吃什么食物？

一、微生物细胞的化学组成

所有细胞的化学组分大致相当

微生物、动物、植物之间存在“营养上的统一性”

二、营养物质及其生理功能

碳源、氮源、无机盐、能源、生长因子、水

微生物、动物、植物之间存在“生化上的统一性”

三、微生物的营养类型

(参见p81)

生长所需要的营养物质

自养型生物

异养型生物

生物生长过程中能量的来源

光能营养型

化能营养型



光能自养型：以光为能源，不依赖任何有机物即可正常生长

光能异养型：以光为能源，但生长需要一定的有机营养

化能自养型：以无机物的氧化获得能量，生长不依赖有机营养物质

化能异养型：以有机物的氧化获得能量，生长依赖于有机营养物质

三、微生物的营养类型

微生物营养类型(I)

划分依据	营养类型	特点
碳源	自养型(<i>autotrophs</i>)	以CO ₂ 为唯一或主要碳源
	异养型(<i>heterotrophs</i>)	以有机物为碳源
能源	光能营养型(<i>phototrophs</i>)	以光为能源
	化能营养型(<i>chemotrophs</i>)	以有机物氧化释放的化学能为能源
电子供体	无机营养型(<i>lithotrophs</i>)	以还原性无机物为电子供体
	有机营养型(<i>organotrophs</i>)	以有机物为电子供体

(参见p81)

第一节 微生物的营养要求

三、微生物的营养类型

微生物的营养类型(II)

营养类型	电子供体	碳源	能源	举例
光能无机自养型 (光能自养型)	H ₂ 、H ₂ S、S或H ₂ O	CO ₂	光能	着色细菌、蓝细菌、藻类
光能有机异养型 (光能异养型)	有机物	有机物	光能	红螺细菌
化能无机自养型 (化能自养型)	H ₂ 、H ₂ S、Fe ²⁺ 、NH ₃ 或NO ₂ ⁻	CO ₂	化学能 (无机物氧化)	氢细菌、硫杆菌、亚硝化单胞菌属(Nitrosomonas)、甲烷杆菌属(Methanobacterium)、醋杆菌属(Acetobacter)
化能有机异养型 (化能异养型)	有机物	有机物	化学能 (有机物氧化)	假单胞菌属、芽孢杆菌属、乳酸菌属、真菌、原生动物

(参见p82)

三、微生物的营养类型

1. 光能无机自养型（光能自养型）

能以 CO_2 为主要唯一或主要碳源；

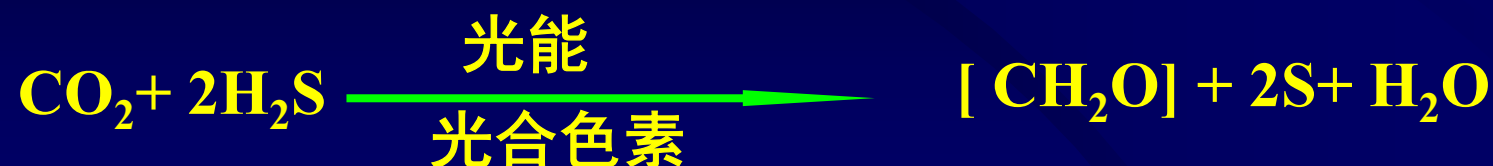
进行光合作用获取生长所需要的能量；

以无机物如 H_2 、 H_2S 、 H_2O 、 S 等作为供氢体或电子供体，
使 CO_2 还原为细胞物质；

藻类及蓝细菌等和植物一样，以水为电子供体（供氢体），进行产氧型的光合作用，合成细胞物质。

红硫细菌，以 H_2S 为电子供体，产生细胞物质，并伴随单质硫（**硫元素**）的产生。

（2018级生科2余唯艺）



三、微生物的营养类型

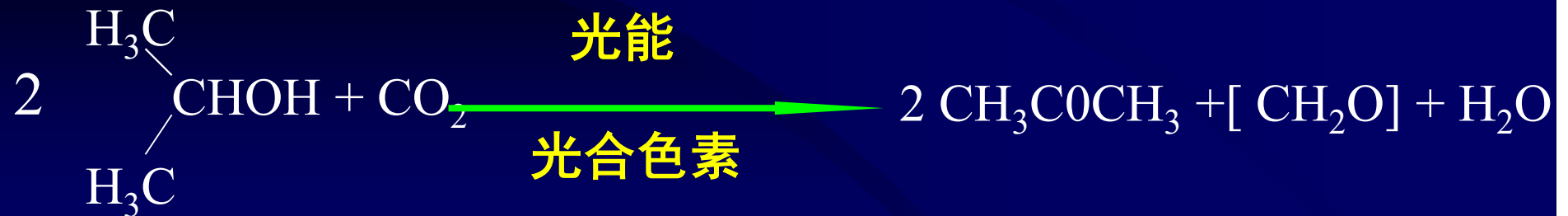
2. 光能有机异养型（光能异养型）

不能以 CO_2 为主要或唯一的碳源；

以有机物作为供氢体，利用光能将 CO_2 还原为细胞物质；

在生长时大多数需要外源的生长因子；

例如，**红螺菌属**中的一些细菌能利用异丙醇作为供氢体，将 CO_2 还原成细胞物质，同时积累丙酮。



三、微生物的营养类型

光能无机自养型和光能有机异养型微生物

可利用光能生长，在地球早期生态环境的演化过程中起重要作用。

(p82 第一大段)

三、微生物的营养类型

3. 化能无机自养型（化能自养型）

生长所需要的能量来自无机物氧化过程中放出的化学能；

以 CO_2 或碳酸盐作为唯一或主要碳源进行生长时，利用 H_2 、 H_2S 、 Fe^{2+} 、 NH_3 或 NO_2^- 等无机物作为电子供体使 CO_2 还原成细胞物质。

化能无机自养型只存在于微生物中，可在完全没有有机物及无光的环境中生长。

它们广泛分布于土壤及水环境中，参与地球物质循环；

参见第4章现实案例（p75）

三、微生物的营养类型

4. 化能有机异养型（化能异养型）

生长所需要的能量均来自有机物氧化过程中放出的化学能；

生长所需要的碳源主要是一些有机化合物，
如淀粉、糖类、纤维素、有机酸等。

有机物通常既是碳源也是能源；

大多数细菌、真菌、原生动物都是化能有机异养型微生物；

所有致病微生物均为化能有机异养型微生物；

（参见p82 第一大段）

三、微生物的营养类型

不同营养类型之间的界限并非绝对（参见p82 第二大段）：

异养型微生物并非绝对不能利用 CO_2 ；

自养型微生物也并非不能利用有机物进行生长；

有些微生物在不同生长条件下生长时，其营养类型也会发生改变；

例如紫色非硫细菌(purple nonsulphur bacteria)：

没有有机物时，同化 CO_2 ，为自养型微生物；

有机物存在时，利用有机物进行生长，为异养型微生物；

光照和厌氧条件下，利用光能生长，为光能营养型微生物；

黑暗与好氧条件下，依靠有机物氧化产生的化学能生长，
为化能营养型微生物；

微生物营养类型的可变性无疑有利于提高其对环境条件变化的适应能力

三、微生物的营养类型

5. 营养缺陷型

某些菌株发生**突变**（自然突变或人工诱变）后，失去合成某种(或某些)对该菌株生长必不可少的物质（通常是生长因子如氨基酸、维生素）的能力，必须从外界环境获得该物质才能生长繁殖，这种突变型菌株称为**营养缺陷型**（auxotroph），相应的野生型菌株称为**原养型**（prototroph）。

经常用来进行微生物遗传学方面的研究（第8章介绍）

（p82 第三大段）

微生物生长需要的生长因子与营养缺陷型之间的关系？

第二节 培养基

(参见p82-85)

微生物是怎样吃东西的？给它们做饭麻烦吗？

培养基：人工配制的，适合微生物生长繁殖或产生代谢产物的营养基质。

培养基几乎是一切对微生物进行研究和利用工作的基础

任何培养基都应该具备微生物生长所需要六大营养要素：

碳源、氮源、无机盐、能源、生长因子、水

任何培养基一旦配成，必须立即进行灭菌处理；

常规高压蒸汽灭菌：

1.05kg/cm², 121.3°C (15磅) 15-30分钟；0.56kg/cm², 112.6°C (8磅) 15-30分钟

某些成分进行分别灭菌；

过滤除菌；

参见p85，第三大段；第6章会再讨论

选择适宜的营养物质

(参见p82-83)

培养**不同的微生物**应根据其特点采用**不同的培养条件**；

培养目的不同，原料的选择和配比不同；

实验室的常用培养基：

细菌： 牛肉膏蛋白胨培养基（或简称普通肉汤培养基）；

放线菌： 高氏1号合成培养基培养；

酵母菌： 麦芽汁培养基；

霉菌： 查氏合成培养基；

第二节 培养基

(参见p87-89)

培养基的类型及应用

按用途划分

1) 基础培养基 (通用培养基) (general purpose medium)

在一定条件下含有一般微生物生长繁殖所需的基本营养物质的培养基
(p87 倒数第四大段)

牛肉膏、蛋白胨培养基是最常用的基础培养基
(p87 倒数第四大段)

(牛肉膏、蛋白胨培养基是实验最常用的通用培养基)

第二节 培养基

(参见p87-89)

二、培养基的类型及应用

3. 按用途划分

2) 基本培养基(minimal medium)

在一定条件下含有某种微生物原养型菌株生长繁殖所需的基本营养物质的培养基 (参见p88倒数第二大段)

3) 完全培养基(complete medium)

在一定条件下含有某种微生物所有营养缺陷突变菌株生长繁殖所需的所有营养物质的培养基 (参见p88倒数第二大段)

牛肉膏蛋白胨培养基就是枯草芽胞杆菌等的完全培养基

二、培养基的类型及应用

按用途划分

(参见p87-89)

4) 加富培养基 (enriched medium)

在普通培养基（如肉汤蛋白胨培养基）中加入某些特殊营养物质制成的一类营养丰富的培养基。

这些特殊营养物质包括血液、血清、酵母浸膏、动植物组织液等。用来培养营养要求比较苛刻的异养型微生物，如培养百日咳博德氏菌(*Bordetella pertussis*)需要含有血液的加富培养基。

(p87 倒数第三大段)

5) 富集培养基 (enrichment medium)

根据待分离微生物的特点设计的培养基，用于从环境中富集和分离某种微生物。(参见p88倒数第一段-p89第一段)

(目的微生物在这种培养基中较其他微生物生长速度快，并逐渐富集而占优势，从而容易达到分离该种微生物的目的。)

(第二章中的富集培养概念)

3. 按用途划分

(参见p87-89) 二、培养基的类型及应用

6) 鉴别培养基(differential medium)

用于鉴别不同类型微生物的培养基

特殊化学物质发生特定的化学反应，产生明显的特征性变化，根据这种特征性变化,可将该种微生物与其他微生物区分开来。

(p87 倒数第二大段)

7) 选择培养基(selective medium)

用于将某种或某类微生物从混杂的微生物群体中分离出来的培养基

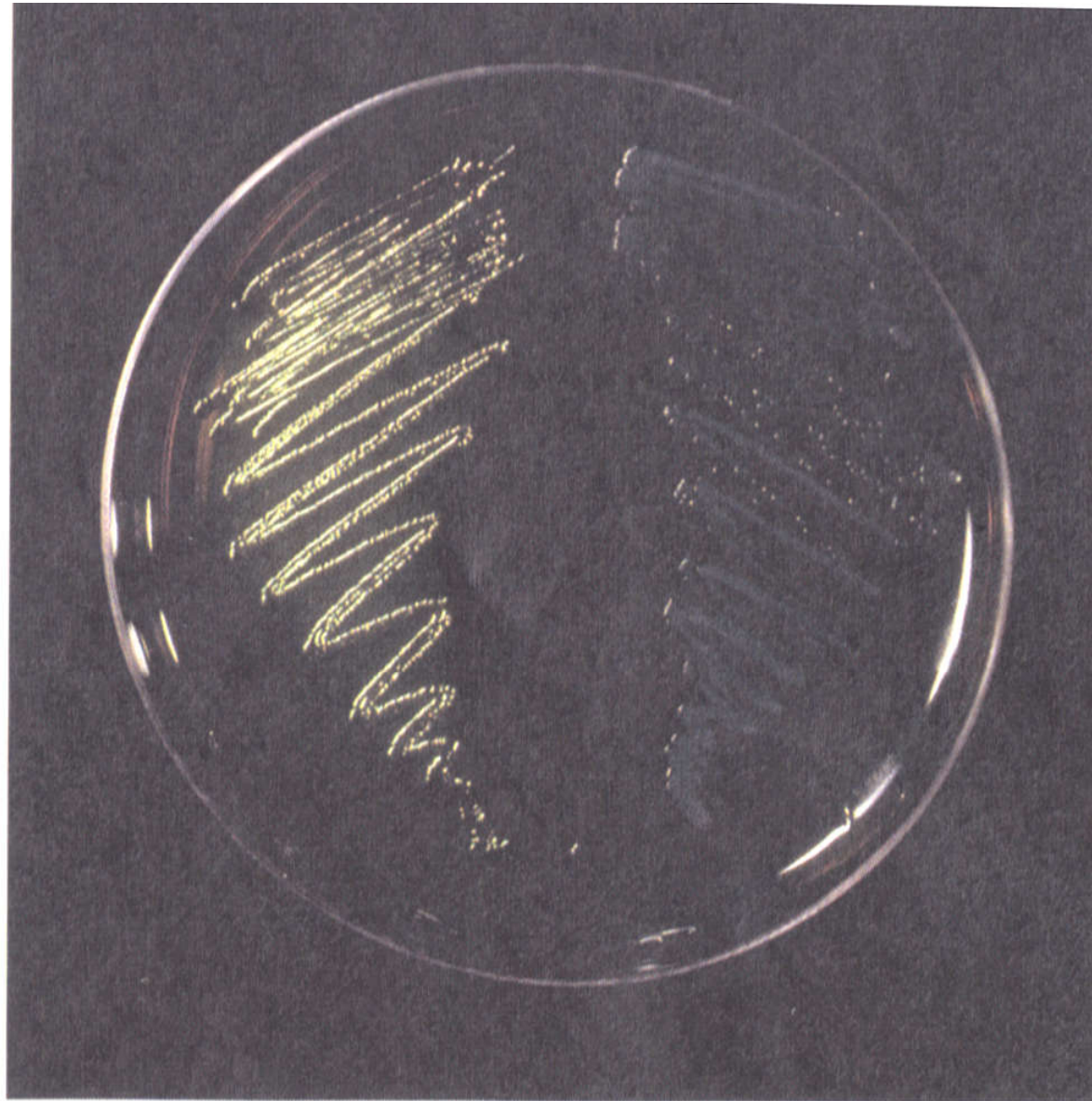
根据不同种类微生物的特殊营养需求或对某种化学物质的敏感性不同，在培养基中加入相应的特殊营养物质或化学物质，抑制不需要的微生物的生长，有利于所需微生物的生长。

(p87 倒数第一大段)

6) 鉴别培养基(differential medium)

(参见p88表4—13)

培养基名称	加入化学物质	微生物代谢产物	培养基特征性变化	主要用途
酪素培养基	酪素	胞外蛋白酶	蛋白水解圈	鉴别产蛋白酶菌株
明胶培养基	明胶	胞外蛋白酶	明胶液化	鉴别产蛋白酶菌株
油脂培养基	食用油、土温、 中性红指示剂	胞外脂肪酶	由淡红色变成深红色	鉴别产脂肪酶菌株
淀粉培养基	可溶性淀粉	胞外淀粉酶	淀粉水解圈	鉴别产淀粉酶菌株
H ₂ S试验培养基	醋酸铅	H ₂ S	产生黑色沉淀	鉴别产H ₂ S菌株
糖发酵培养基	溴甲酚紫	乳酸、醋酸、丙酸等	由紫色变成黄色	鉴别肠道细菌
远藤氏培养基	碱性复红、亚硫酸钠	酸、乙醛	带金属光泽深红色菌落	鉴别水中大肠菌群
伊红美蓝培养基	伊红、美蓝	酸	带金属光泽深紫色菌落	鉴别水中大肠菌群



John Martinko and Cheryl Broadie

Figure 21.4 An eosin-methylene blue (EMB) agar plate showing a lactose fermenter, *Escherichia coli* (left), and a non-lactose fermenter, *Pseudomonas aeruginosa* (right). Note the green metallic sheen of the *E. coli* colonies.

7) 选择培养基(selective medium)

表 5-19 用于选择性培养基的若干抑制剂

选择对象	抑制剂及其用量 ($\mu\text{g/ml}$)	抑 制 对 象
一般细菌	四环素 (200)	黑曲霉, 酵母
	四环素 (100)	酱油曲霉, 根霉
	放线菌酮 (20)	酵母
	放线菌酮 (50)	酱油曲霉
	放线菌酮 (100)	根霉
	放线菌酮 (200)	黑根霉
	真菌素 (Cubicidin) (100)	酱油曲霉, 酵母
G ⁺ 细菌	多粘菌素 B (5)	G ⁻ 细菌
G ⁻ 细菌	青霉素 (1)	G ⁺ 细菌
乳酸菌	山梨酸 (0.2%, pH6)	芽孢杆菌
	叠氮化钠 (Na_3N) (0.005%, pH7)	曲霉
	真菌素 (20)	酵母
肠道细菌	胆汁酸 (1.5~5mg/ml)	G ⁺ 细菌
微球菌	山梨酸 (0.2%)	芽孢杆菌

7) 选择培养基(selective medium)

放线菌	放线菌酮 (50)	霉菌
	制霉菌素 (50)	霉菌
	丙酸钠 (4mg/ml)	霉菌
酵母	丙酸钠 (0.2%)	曲霉, 根霉, 杆菌
	丙酸钠 (0.1~0.15%)	青霉, 微球菌, 醋酸菌
	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (0.05%, pH3.8)	乳酸菌, 乳链球菌
	四环素 (50)	细菌
	氯霉素 (20)	细菌
	链霉素 (20~100)	细菌
	青霉素 (50)	细菌
	金霉素 (100)	细菌
	真菌素 (200)	细菌
霉菌	氯霉素 (100)	细菌
	青霉素 (20)	细菌
	链霉素 (40)	细菌
	青霉素 (100)	细菌
	氯霉素 (50) + 放线菌酮 (10)	细菌, 酵母

第二节 培养基

(参见p87-89)

二、培养基的类型及应用

按用途划分

8) 其他类型培养基

分析培养基 (p89第二大段)

还原性培养基

组织培养物培养基

。 。 。 。 。 。

通过改变培养策略以求从自然界中分离得到更多的微生物

非传统的生长底物；

寡营养培养基；

新的培养方法；

。 。 。 。 。 。

(参见p89 以及

p19扫一扫 微生物分离培养新技术)

第三节 营养物质进入细胞

微生物是通过什么方法得到营养物质的？

一、扩散(diffusion)

二、促进扩散(facilitated diffusion)

三、主动运输(active transport)

四、膜泡运输(membrane vesicle transport)

(参见p89-95)

第三节 营养物质进入细胞

一、扩散(diffusion)

(参见p90)

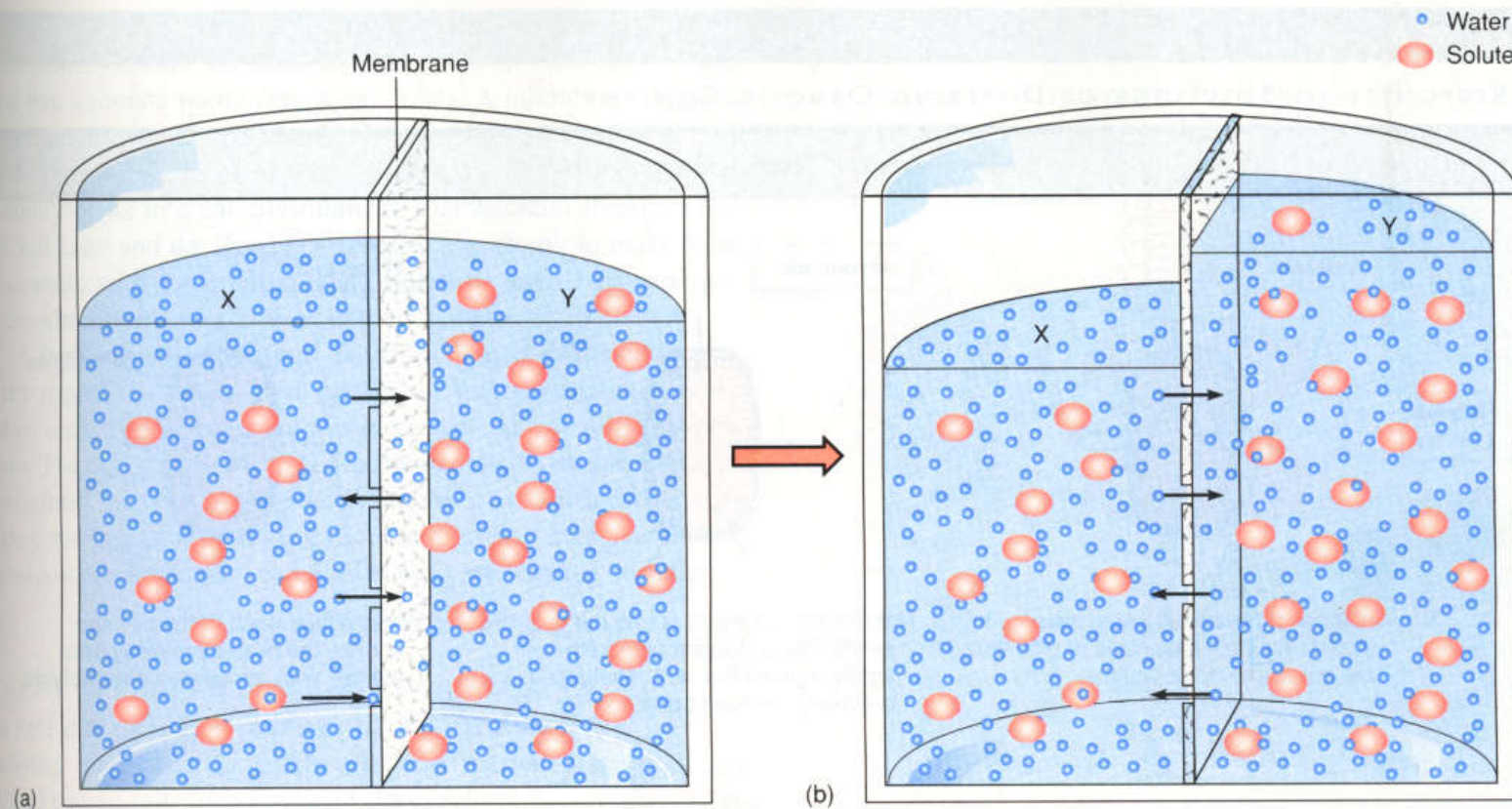



Figure 7.6

 Osmosis, the diffusion of water through a selectively permeable membrane. (a) A membrane has pores that allow the ready passage of water but not large solute molecules from one side to another. Placement of this membrane between solutions of different solute concentrations (X = less concentrated and Y = more concentrated) results in a diffusion gradient for water. Water behaves according to the law of diffusion and moves across the membrane pores in both directions. Because there is more water in solution X, the opportunity for a water molecule to successfully hit and go through a pore is greater for X than for Y. The result will be a net movement from Y to X. (b) The level of solution on the Y side rises as water continues to diffuse in. This process will continue until

一、扩散(diffusion)

第三节 营养物质进入细胞

TABLE 3.1

Comparative permeability of membranes to various molecules

Substance	Rate of permeability ^a
Water	100
Glycerol	0.1
Tryptophan	0.001
Glucose	0.001
Chloride ion (Cl ⁻)	0.000001
Potassium ion (K ⁺)	0.0000001
Sodium ion (Na ⁺)	0.00000001

^aRelative scale—permeability with respect to permeability of water, 100.

物质跨膜扩散的能力和速率与该物质的性质有关，相对分子量小、脂溶性、极性小的物质易通过扩散进出细胞。环境温度、pH、离子强度等也会影响物质的扩散效率（p90 倒数第二大段）

扩散并不是微生物细胞吸收营养物质的主要方式，O₂、CO₂ 和H₂O可以通过扩散自由通过原生质膜，脂肪酸、乙醇、甘油、苯及某些氨基酸等在一定程度上也可通过扩散进出细胞。（p90 倒数第一大段）

二、促进扩散(facilitated diffusion)

(参见p91)

- ▲ 被动的物质跨膜运输方式
- ▲ 物质运输过程中不消耗能量
- ▲ 参与运输的物质本身的分子结构不发生变化
- ▲ 不能进行逆浓度运输
- ▲ 运输速率与膜内外物质的浓度差成正比。

(p91 第一大段)

通过促进扩散进行跨膜运输的物质需要借助与载体(carrier)的作用才能进入细胞(图4-1), 而且每种载体只运输相应的物质, 具有较高的专一性。

(p91 第二大段)

第三节 营养物质进入细胞 (参见p91)

二、促进扩散(facilitated diffusion)

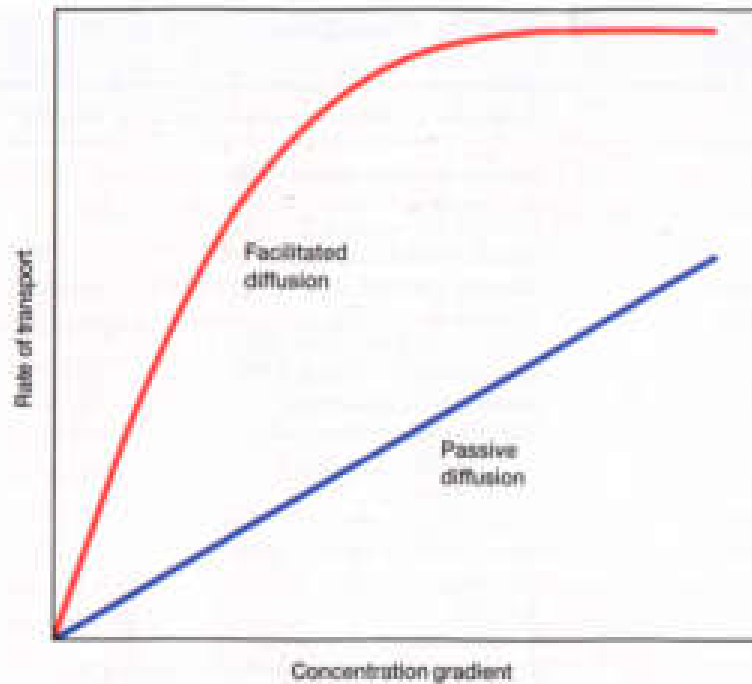


Figure 5.1 Passive and Facilitated Diffusion. The dependence of diffusion rate on the size of the solute's concentration gradient. Note

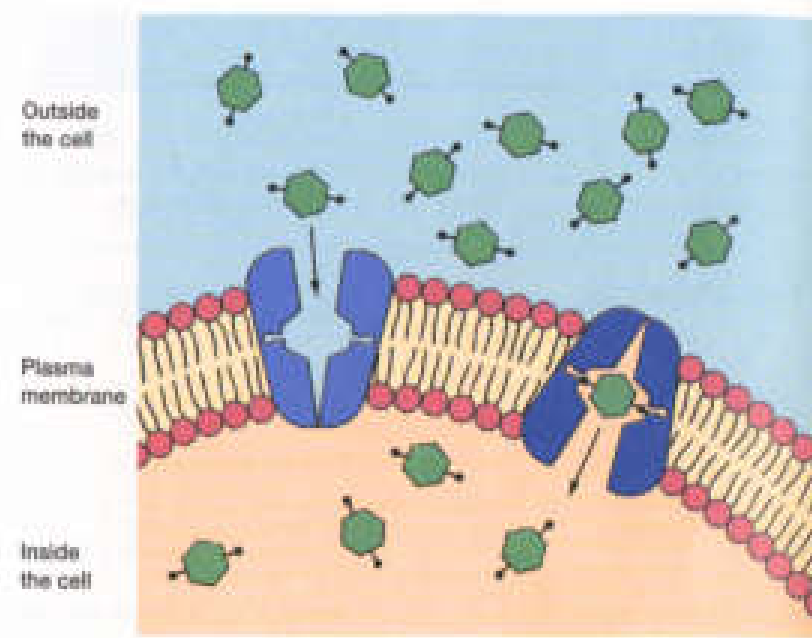


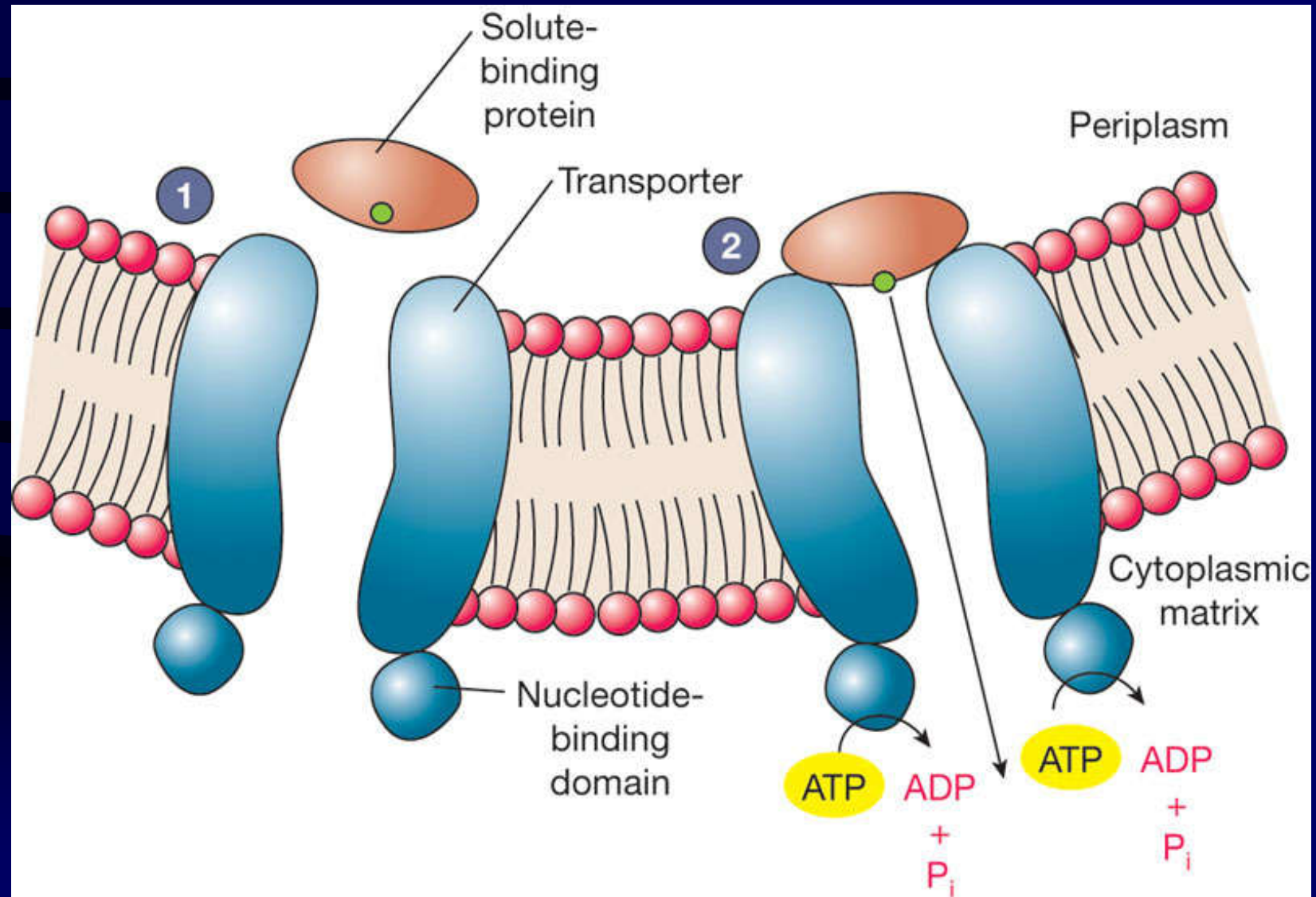
Figure 5.2 A Model of Facilitated Diffusion. The membrane carrier can change conformation after binding an external molecule and subsequently release the molecule on the cell interior. It then returns to

载体只影响物质的运输速率，并不改变该物质在膜内外形成的动态平衡状态；
这种性质都类似于酶的作用特征，因此载体蛋白也称为透过酶；

透过酶大都是诱导酶，只有在环境中存在机体生长所需的营养物质时，相应的透过酶才合成。

(p91 第二大段)

三、主动运输(active transport)



(参见p91-93)

三、主动运输(active transport)

在物质运输过程中需要**消耗能量**

可以进行**逆浓度**运输

主动运输是广泛存在于微生物中的一种主要的物质运输方式

运输物质所需能量来源:

好氧型微生物与兼性厌氧微生物直接利用呼吸能;

厌氧型微生物利用化学能(ATP);

光合微生物利用光能;

嗜盐古菌通过紫膜(purple membrane)利用光能;

产能方式第5章介绍

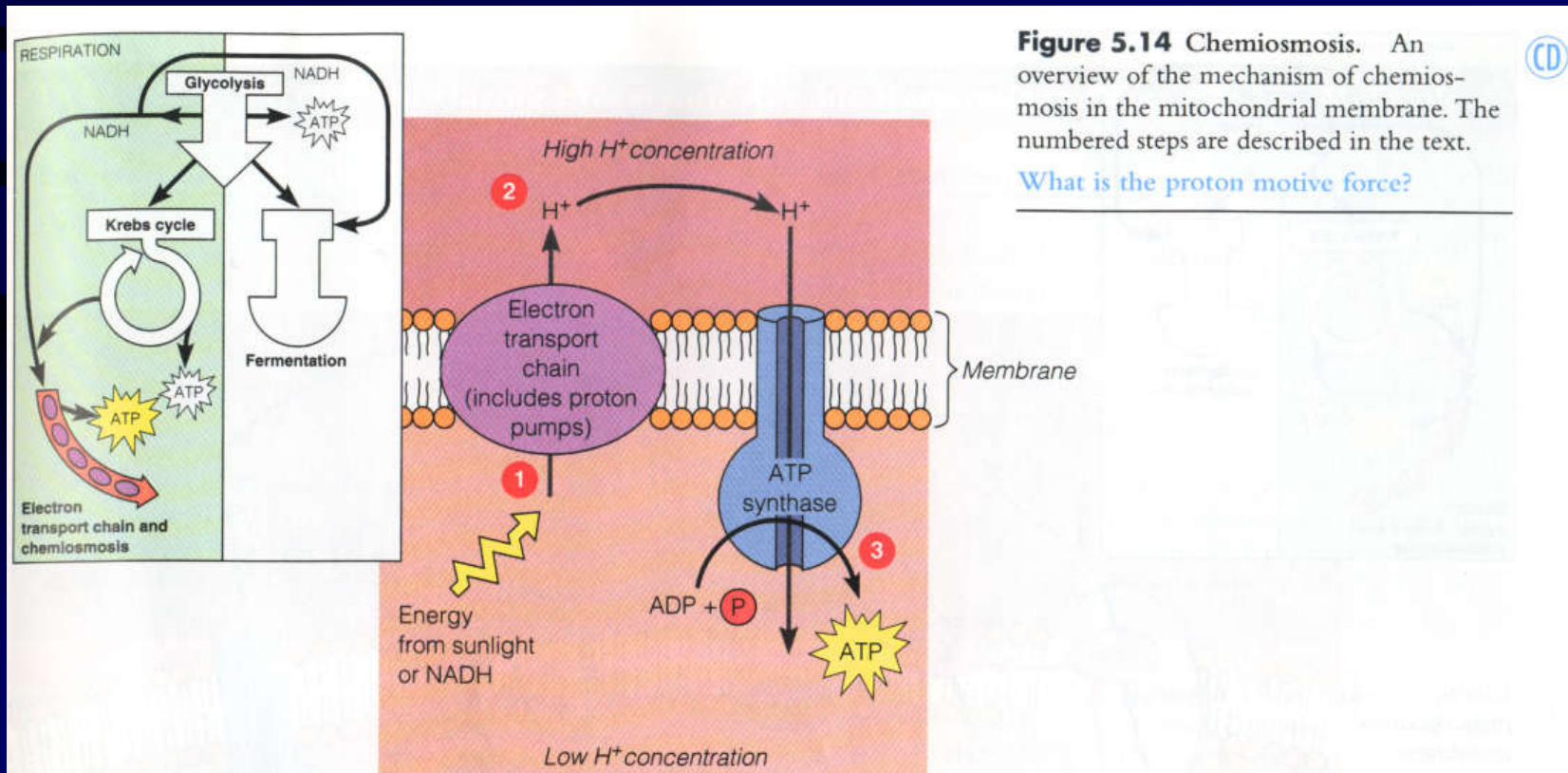
(p91 倒数第一大段)

三、主动运输(active transport)

(参见p92)

初级主动运输(primary active transport)

呼吸能、化学能、光能的消耗（能量转换），引起胞内质子（或其他离子）外排，导致原生质膜内外建立质子浓度差（或电势差），使膜处于充能状态（图4-2），即形成能化膜（energized membrane）。（p92第一大段）



三、主动运输(active transport)

第三节 营养物质进入细胞

初级主动运输(primary active transport)

(参见p92)

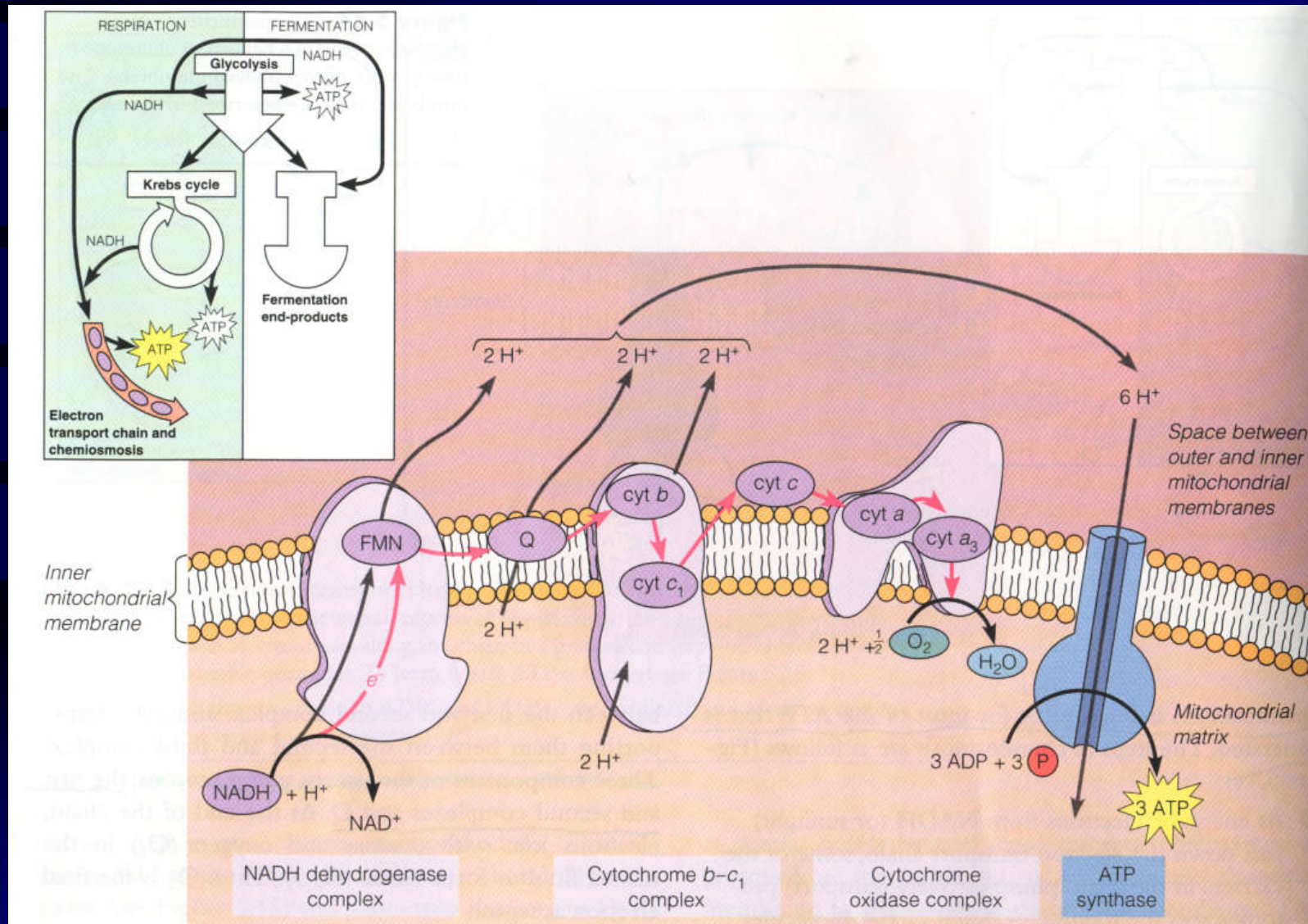


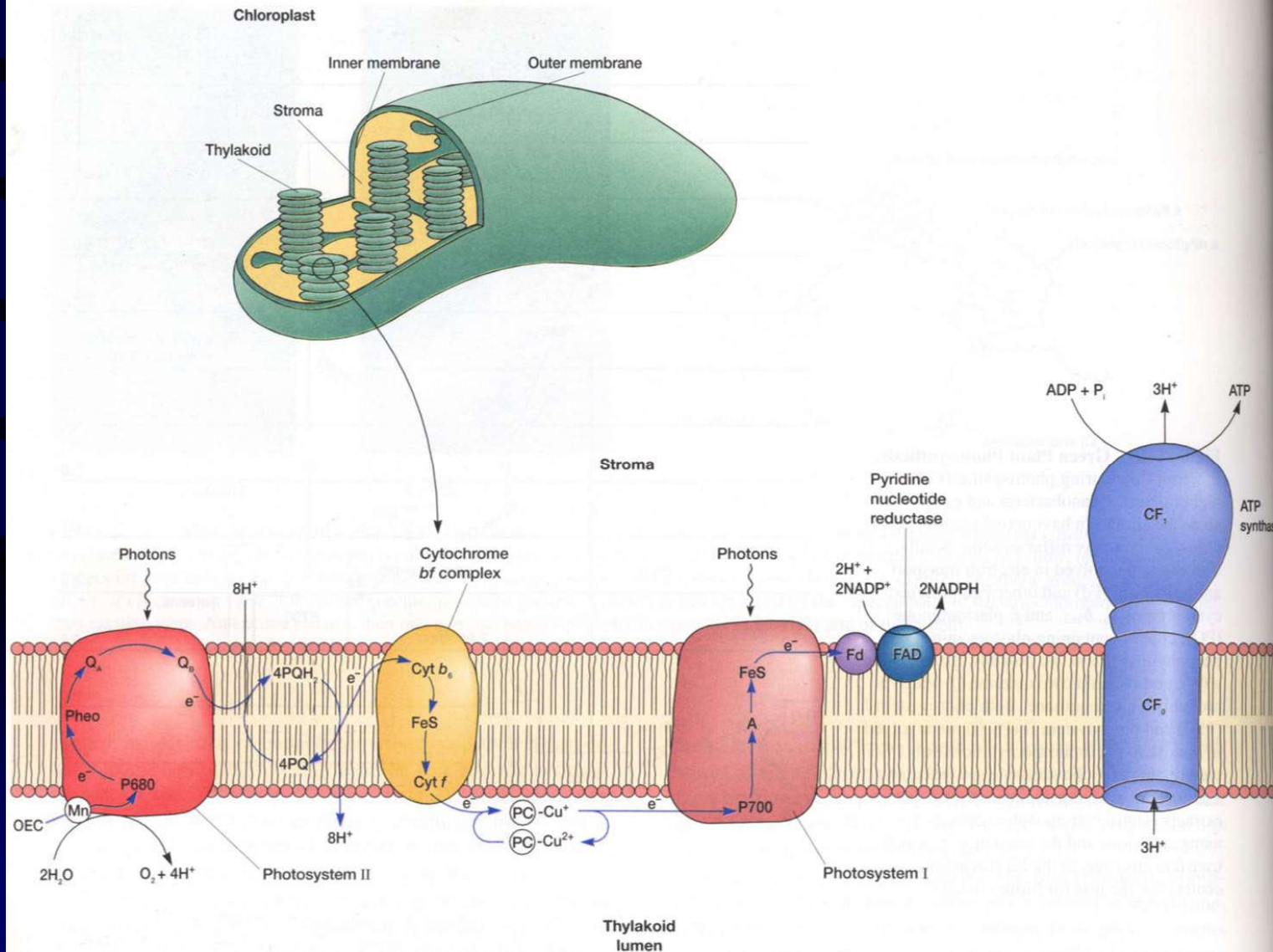
Figure 5.15 Electron transport and the chemiosmotic generation of ATP. In the

三、主动运输(active transport)

初级主动运输(primary active transport)

第三节 营养物质进入细胞

(参见p92)

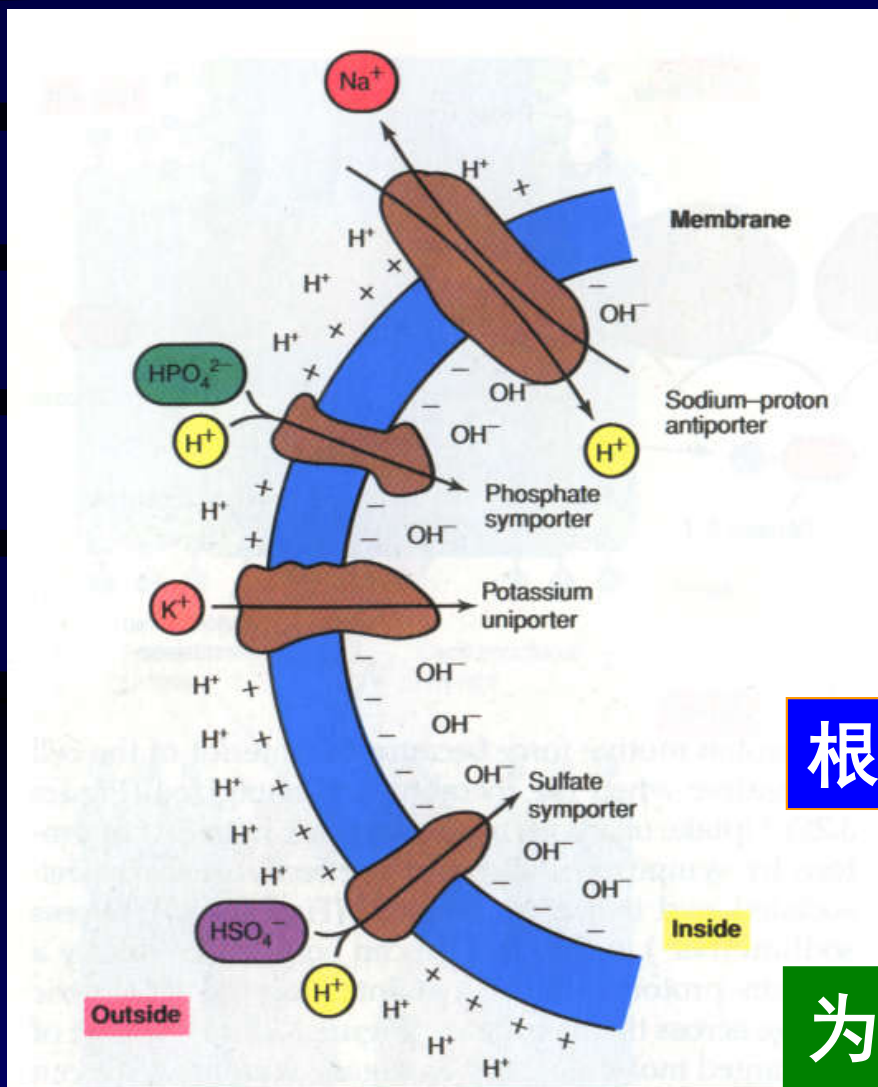


三、主动运输(active transport)

第三节 营养物质进入细胞

次级主动运输(secondary active transport)

(参见p92)



同向运输(symport)

逆向运输(antiport)

单向运输(uniport)

根据 H^+ 进入细胞的方向而划分

为什么被称为：次级主动运输？

Figure 3.25 Use of ion separation in the proton motive force, in this case the separation of protons from hydroxyl ions across the membrane, to transport inorganic ions by specific

三、主动运输(active transport)

第三节 营养物质进入细胞

Na^+, K^+ -ATP酶(Na^+, K^+ -ATPase)系统

(参见p92-93)

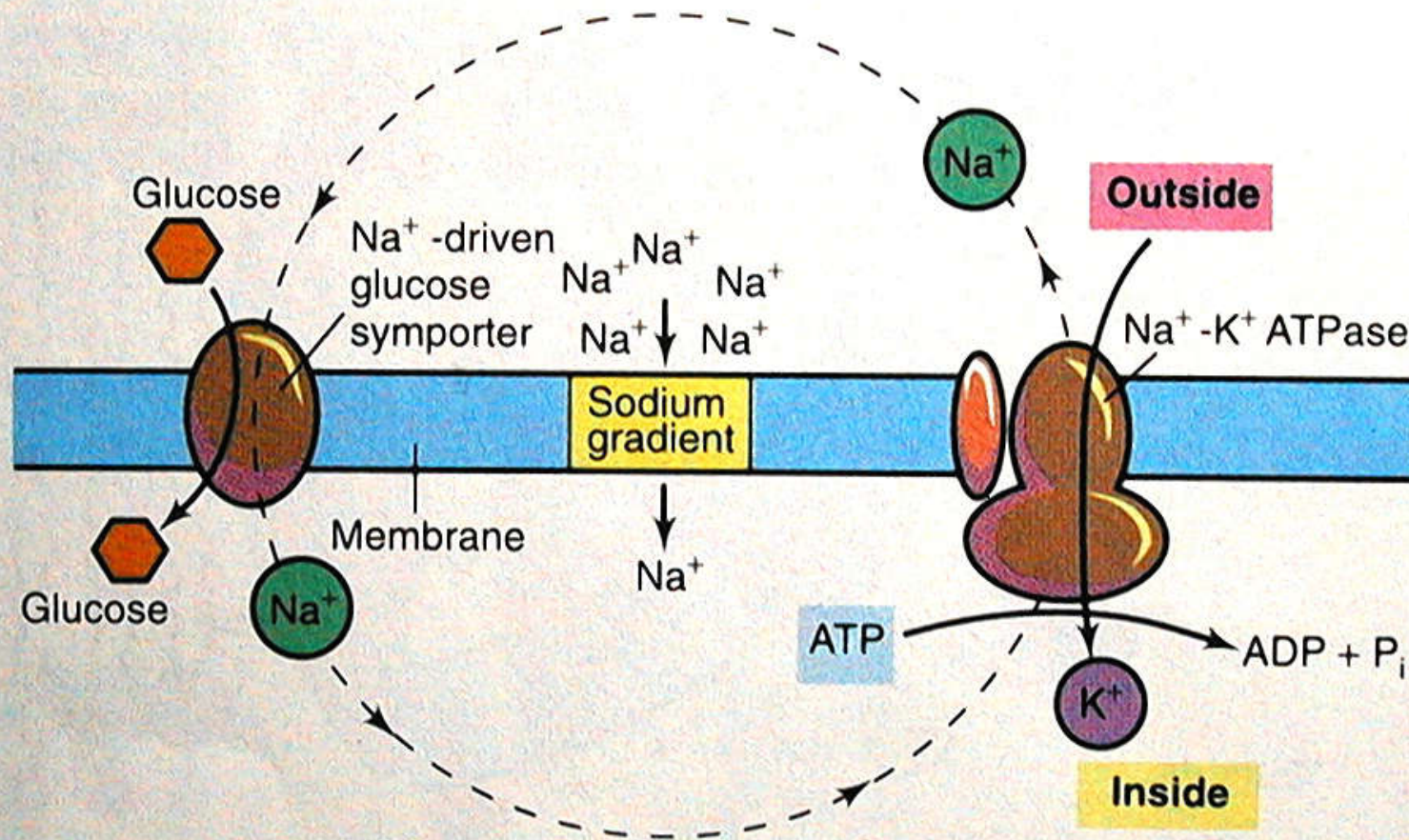
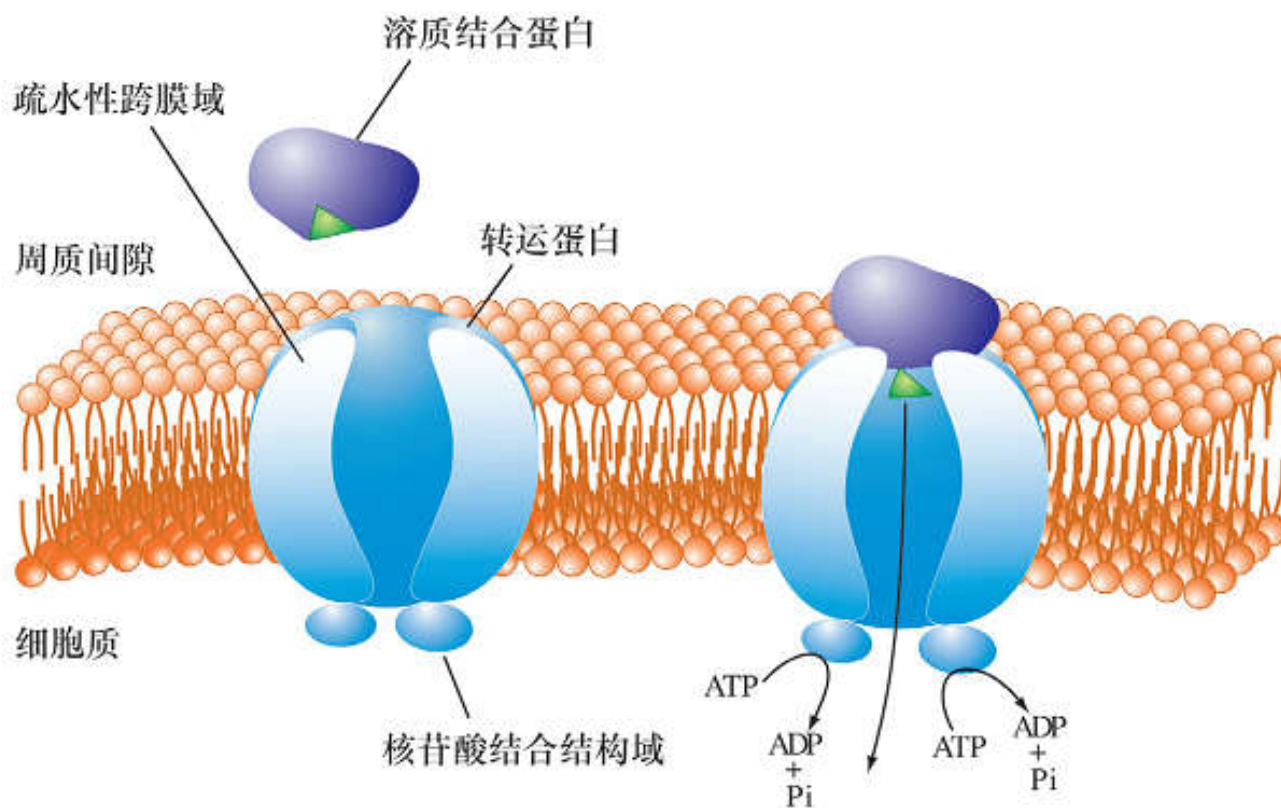


FIGURE 3.25 Transport of metabolites linked to the Na^+/K^+ pump in the membranes of animal cells. The ATPase pumps Na^+ out of the cell while K^+ is pumped in, and the transport reactions are driven by the energy released from the reaction $\text{ATP} \rightarrow \text{ADP} + \text{P}_i$.

三、主动运输(active transport)

第三节 营养物质进入细胞

ATP结合性盒式转运蛋白系统 (ATP-binding cassette transporter, ABC转运蛋白)



(参见p92-93)

转运糖类(阿拉伯糖、麦芽糖、半乳糖及核糖)、氨基酸(谷氨酸、组氨酸及亮氨酸)和维生素B12等溶质。 (p92倒数第二大段)

三、主动运输(active transport)

第三节 营养物质进入细胞

基团转位(group translocation)

(参见p92-93)

有一个**复杂的运输系统**来完成物质的运输；

物质在运输过程中发生**化学变化**；

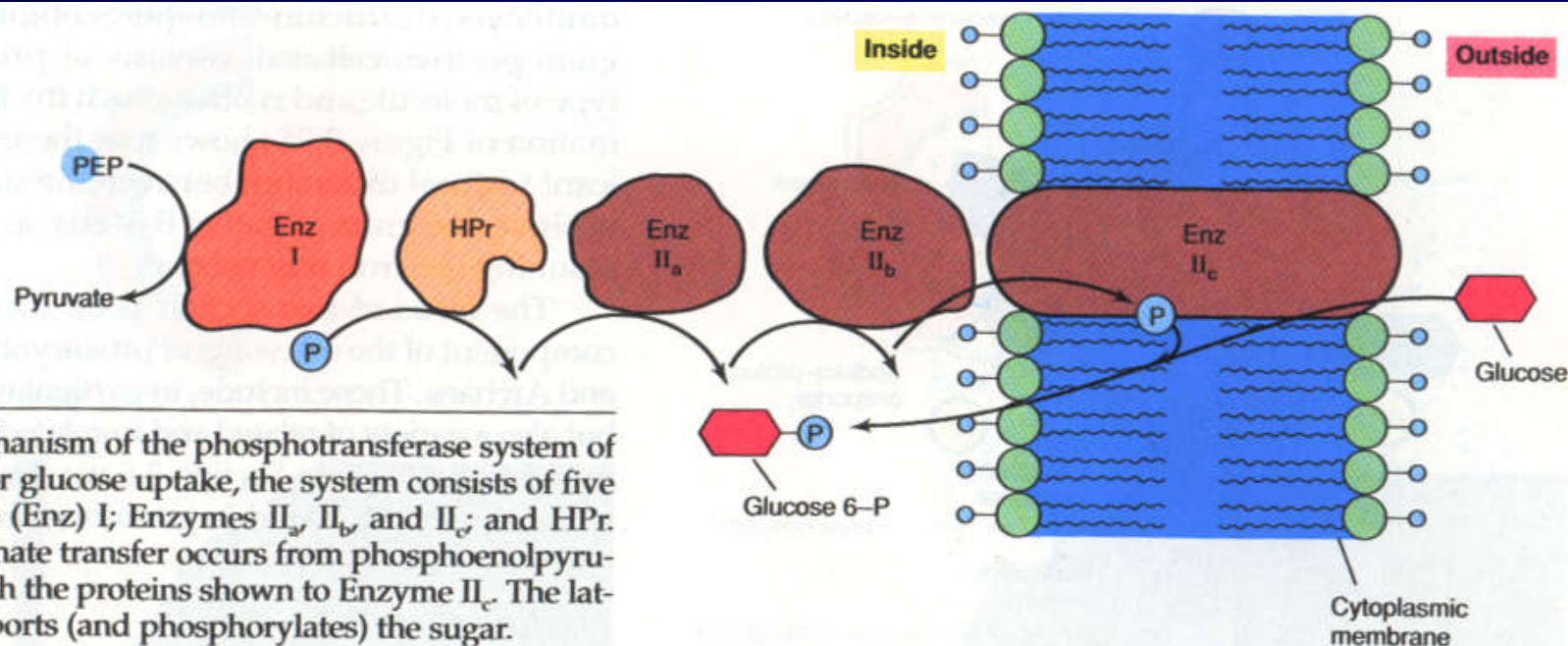


Figure 3.24 Mechanism of the phosphotransferase system of *Escherichia coli*. For glucose uptake, the system consists of five proteins: Enzyme (Enz) I; Enzymes II_a, II_b, and II_c; and HPr. Sequential phosphate transfer occurs from phosphoenolpyruvate (PEP) through the proteins shown to Enzyme II_c. The latter actually transports (and phosphorylates) the sugar.

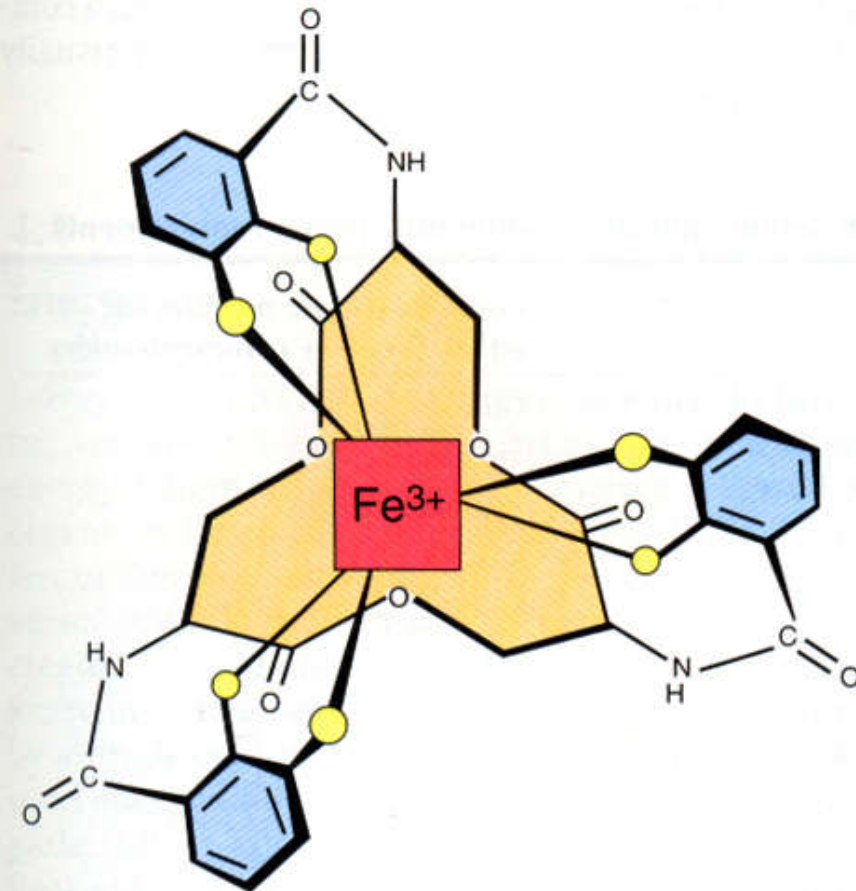
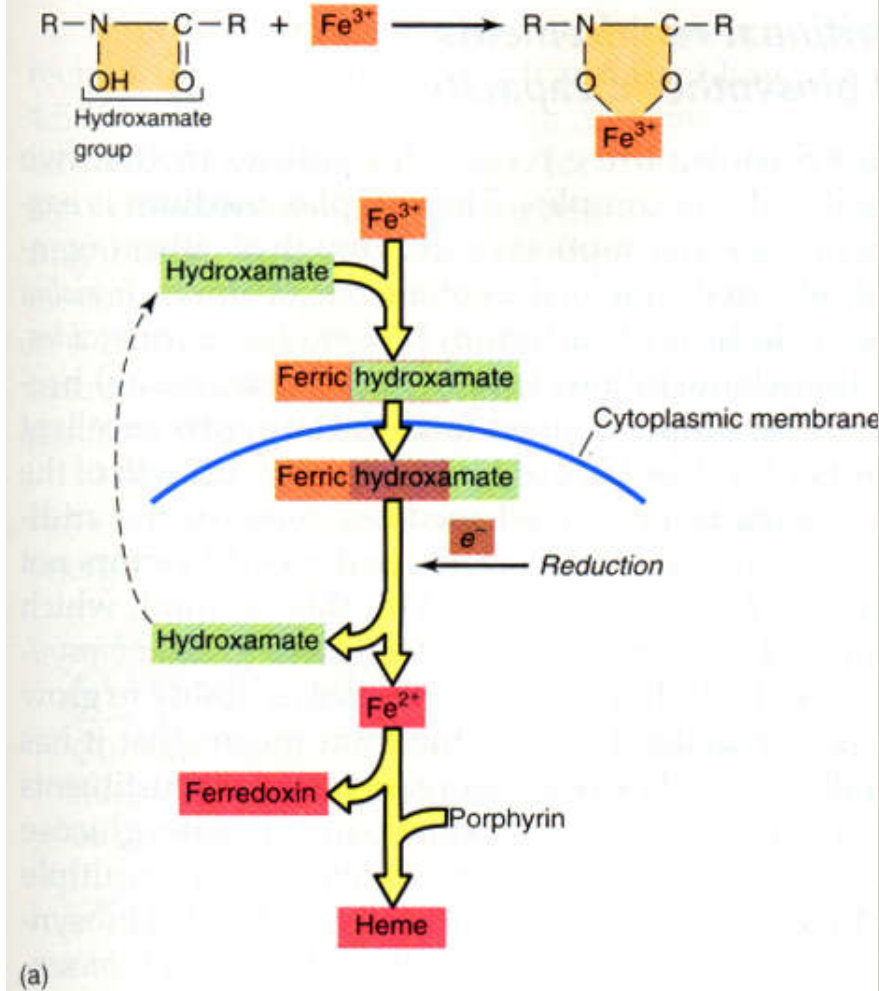
基团转位主要存在于厌氧型和兼性厌氧型细菌中，主要用于糖的运输。
脂肪酸、核苷、碱基等也可通过这种方式运输。 (P97 倒数第3大段)

三、主动运输(active transport)

第三节 营养物质进入细胞

铁载体运输(siderophore shuttle)

(参见p94)



(b)

Figure 4.2 Iron-chelating agents produced by microorganisms, (a) Hydroxamate. Iron is bound as Fe³⁺ and released inside the cell as Fe²⁺. (b) Ferric enterobactin of *Escherichia coli*. The oxygen atoms of each catechol molecule are shown in yellow.

四、膜泡运输(membrane vesicle transport)

(参见p95)

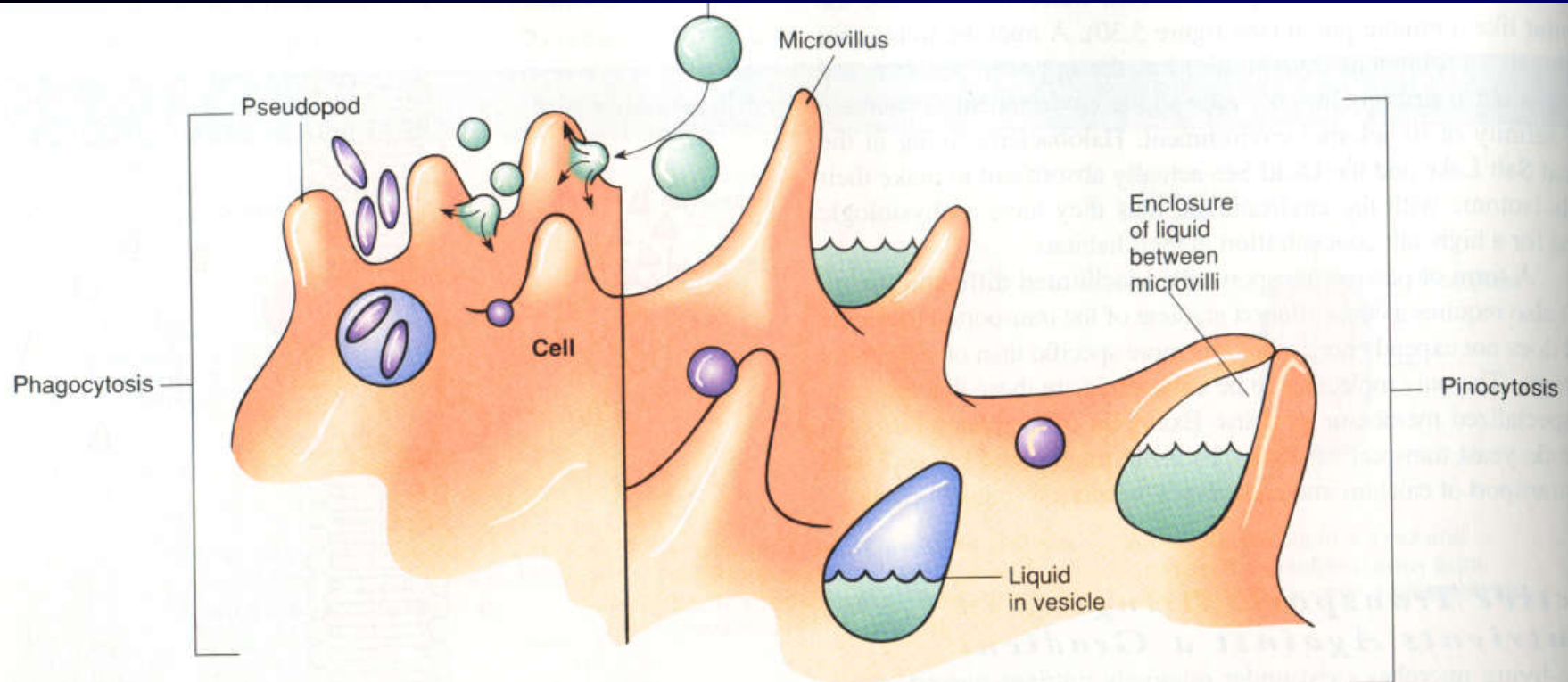


Figure 7.9



Endocytosis (phagocytosis and pinocytosis). Solid particles are phagocytosed by large cell extensions called pseudopods, and fluids are pinocytosed into vesicles by very fine cell protrusions called microvilli. Oil droplets fuse with the membrane and are released directly into the cell.

膜泡运输主要存在于原生动物中，特别是变形虫(amoeba)，为这类微生物的一种营养物质的运输方式)。(P95第一大段)

第4章思考题：

- 1) 微生物的营养类型与动植物相比有何异同？
- 2) 微生物由于个体微小一般都是以其群体形式进行研究或利用，这必然就要涉及到对微生物的培养。能否找到一种培养基，使所有的微生物都能良好地生长？为什么？
- 3) 试结合微生物学实验课的内容，谈谈在选择、配制和使用培养基时应注意哪些方面的内容。你们在实验中是如何做的？有何体会？
- 4) 试比较营养物质进入微生物细胞的几种方式的基本特点。