

# 第一章 绪 论

**1 生命的特征和生物化学的研究范畴**

**2 一些生物化学的基本概念**

**3 生物能学和热力学**

**4 水及生物分子间的弱相互作用**

# 第一节 生命的特征和生物化学的研究范畴

## 生物体的独特性质：

- 生物体具有高度的化学复杂性和精细的微观组织
- 生物体有着从环境中吸收、转化和使用能量的系统
- 生物体具有精确的自我复制和自组装能力
- 生物体能够感觉到环境改变并有作出反应的能力
- 生物体内部的化学成分及它们之间有规律的相互作用  
各具有独特的功能
- 生物的进化



## 第二节 一些生物化学的基本概念

- 一、生物分子是含有不同功能基团的含碳化合物
- 二、细胞含有一组通用的小分子
- 三、分子量，分子质量和它们的正确单位
- 四、摩尔和摩拉
- 五、生物大分子是细胞的主要成分
- 六、生物分子的构型
- 七、生物分子的构象
- 八、生物分子之间的相互作用有立体特异性



## 第二节 一些生物化学的基本概念

- 生物体是由含碳化合物组成的。碳元素占细胞干重的一半以上。碳原子能和氢形成单键，也可与氧原子和氮原子形成单键和双键。
- 在生物分子中共价联系的许多碳原子能够形成线性链、分叉链或环形结构。
- 碳原子的这种多样的成键功能看来是生物在起源和进化过程中选择碳化合物作为细胞分子机器的主要因素。



## 第二节 一些生物化学的基本概念

- 所有细胞水相（细胞质）中溶解着一组分子量（ $M_r$ ）约100~500的100~200个不同的有机化合物。这些主要代谢中间体和代谢途径存在于整个进化过程中。
- 有一些小的生物分子只存在于一些特殊类型的细胞或物种中



## 第二节 一些生物化学的基本概念

- 第一种是分子量或相对分子质量，记为 $M_r$ .
- 第二种是分子质量记为 $m$ ，它就是一个分子的质量，或者是这种物质的摩尔质量除以阿佛伽德罗数。这个分子质量 $m$ 以道尔顿为单位表示。



## 第二节 一些生物化学的基本概念

- 摩尔是特殊的数量单位，用来计量物质微粒，如分子、原子、离子、中子、质子、电子的数量，数值上等于阿佛伽德罗常数 $6.022 \times 10^{23} / \text{mol}$ .
- 摩拉是生物化学界中最常用的溶液浓度单位.



## 第二节 一些生物化学的基本概念

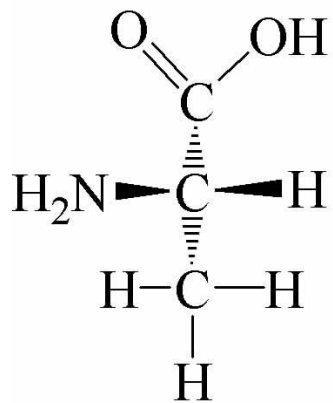
表 1-1 大肠杆菌细胞的分子成分

分子种类	占细胞全部质量的百分数/%	在细胞中的大约分子种类数
水	70	1
蛋白质	15	3000
DNA	1	1
RNA	6	>3000
多糖	3	5
脂	2	20
单体和中间体	2	500
无机离子	1	20

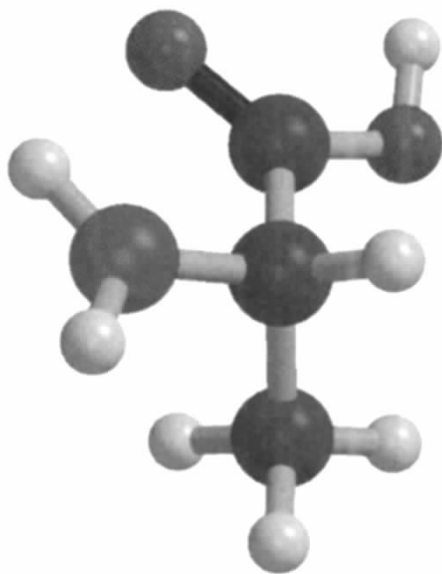




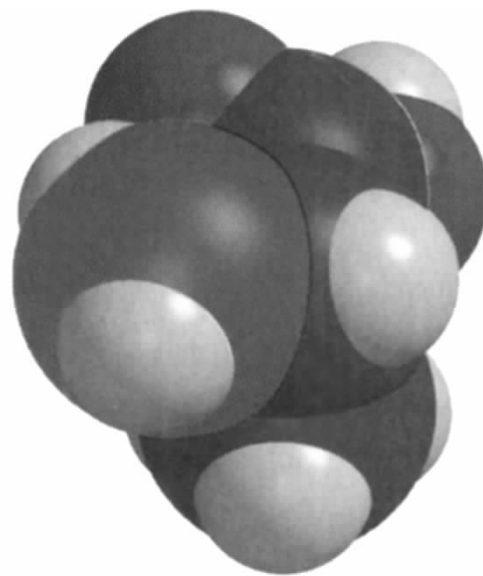
## 第二节 一些生物化学的基本概念



(a)



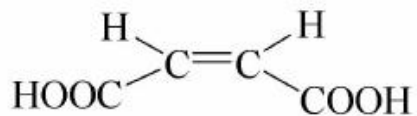
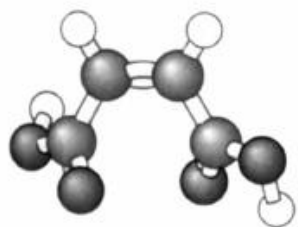
(b)



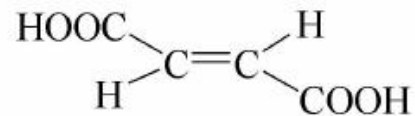
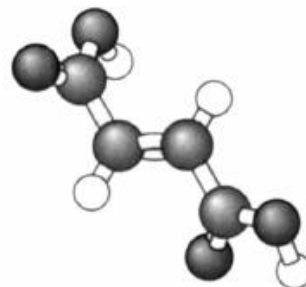
(c)



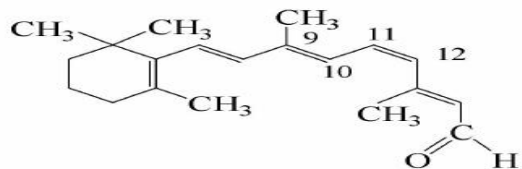
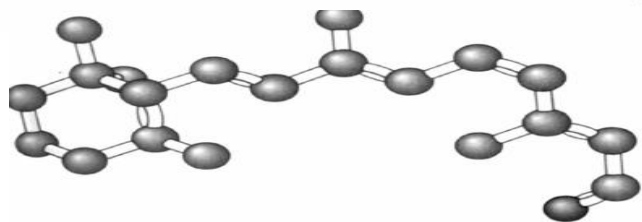
## 第二节 一些生物化学的基本概念



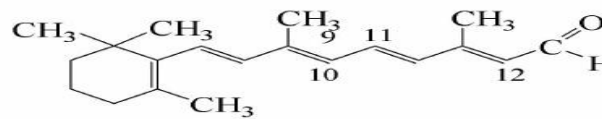
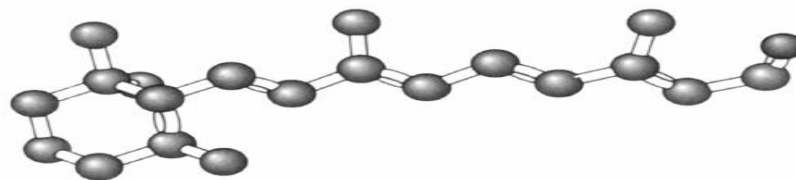
马来酸 (顺式)  
Maleic acid(*cis*)



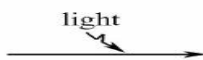
富马酸 (反式)  
Fumaric acid(*trans*)



11-顺式-视黄醛  
11-*cis*-retinal

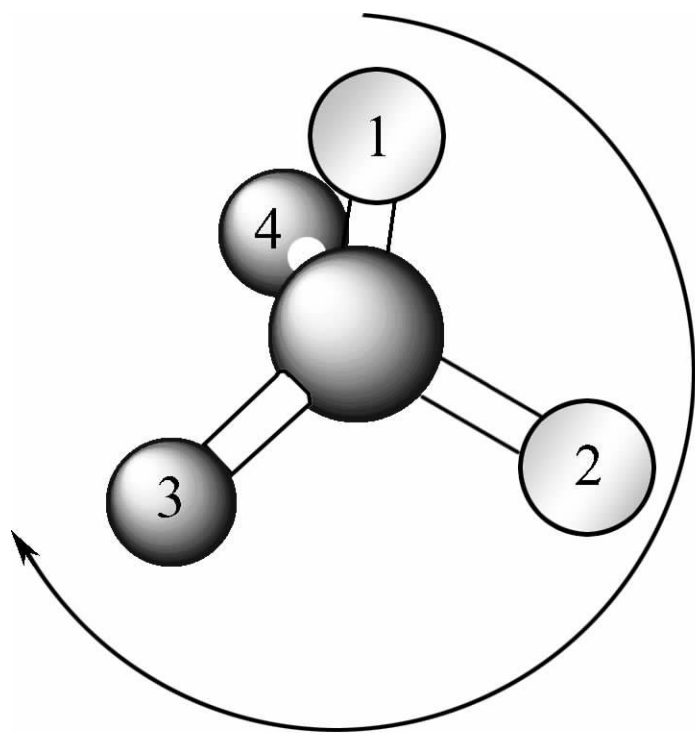


全反式视黄醛  
all-*trans*-retinal

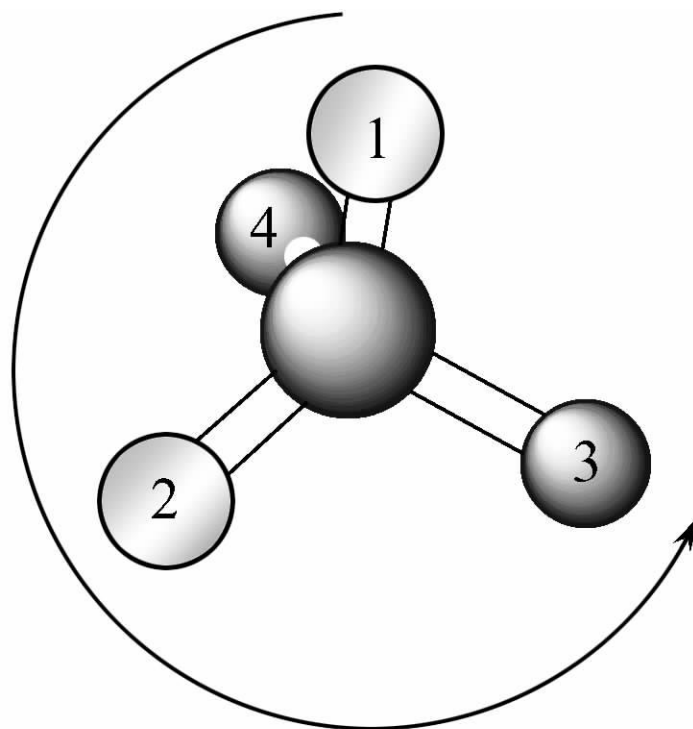


(b)

## 第二节 一些生物化学的基本概念



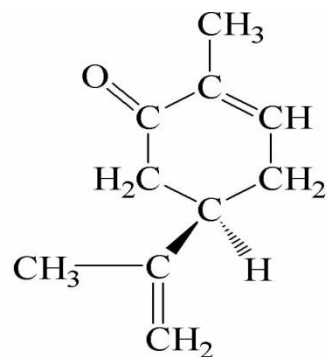
顺时针(*R*)



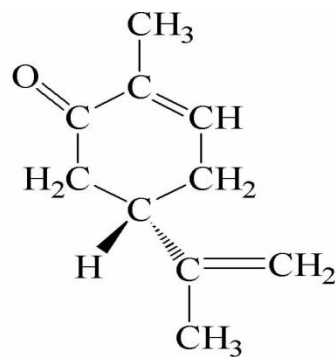
反时针(*S*)



## 第二节 一些生物化学的基本概念

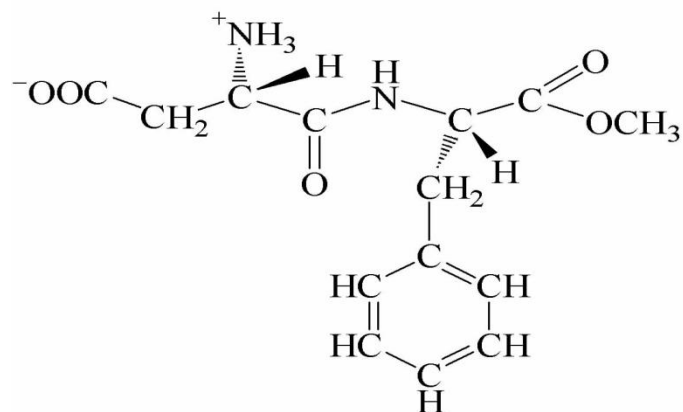


*R*-香芹酮 (有薄荷味)  
(*R*)-Carvone

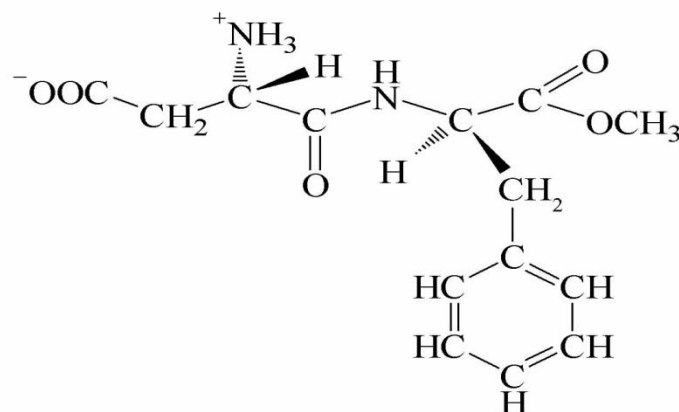


*S*-香芹酮 (有黄蒿味)  
(*S*)-Carvone

(a)



天冬甜精  
L-Aspartyl-L-phenylalanine methyl ester



L-天冬酰-D-苯丙氨酸甲酯 (苦的)  
L-Aspartyl-D-phenylalanine methyl ester

(b)



## 第三节 生物能学和热力学

- 生物能学是定量研究能量转换的科学：能量从一种形式改变成另一种形式，这些过程发生在活细胞中，这些化学过程的性质和功能是这些转换的基础。

一、生物能量转化服从热力学定律

二、细胞需要自由能资源

三、标准自由能改变和一个反应的平衡常数直接相关



### 第三节 生物能学和热力学

- 焓是反应系统的热含量，它反映出反应物和产物化学键的类型和数量。当一个化学反应释放能量时，它被称为放热的反应，也就是反应产物的热含量少于反应物。通常地把这种情况叫做  $\Delta G$  负值。反应系统从环境吸收热量称吸热反应，有一个正的  $\Delta G$  值。
- 熵是一个系统随机性或紊乱程度的定量表达。当一个反应的产物比反应物更简单和更紊乱时，这个反应被认为获得熵（熵增加）。



## 第三节 生物能学和热力学

- 细胞是等温系统，它们必须在恒温恒压下工。
- 细胞能用的、必须使用的是自由能，表述为Gibbs自由能函数 $\Delta G$ ，它能预示一个化学反应的方向，它们的精确平衡位置，以及在恒温恒压下它们能做功的数量（理论上的）。
- 异养型细胞从营养物质中获得自由能，光合成细胞获得自由能靠吸收太阳光的能量，两大类细胞都把自由能转化成ATP和其他富能化合物，为在恒温下做生物功提供能量。



### 第三节 生物能学和热力学

$aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$  中  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$  是参与反应的分子 A、B、C、D 的分子数，则平衡常数为：

$$K_{\text{eq}} = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b} \quad (1-2)$$

.....





### 第三节 生物能学和热力学

表 1-2 化学反应的标准自由能改变和平衡常数之间的关系

$K'_{eq}$	$\Delta G'^{\circ}$		$K'_{eq}$	$\Delta G'^{\circ}$	
	kJ/mol	kcal/mol		kJ/mol	kcal/mol
$10^3$	-17.1	-4.1	$10^{-2}$	11.4	2
$10^2$	-11.4	-2.7	$10^{-3}$	17.1	4.1
$10^1$	-5.7	-1.4	$10^{-4}$	22.8	5.5
1	0.0	0.0	$10^{-5}$	28.5	6.8
$10^{-1}$	5.7	1.4	$10^{-6}$	34.2	8.2



## 第三节 生物能学和热力学

表 1-3  $K'_{eq}$ ,  $\Delta G'^{\circ}$  和化学反应方向之间的关系

$K'_{eq}$	$\Delta G'^{\circ}$	所有化学反应成分都是 1M 时
$>1.0$	负值	反应正向进行
1.0	0	反应在平衡状态
$<1.0$	正值	反应逆向进行



## 第四节 水及生物分子间的弱相互作用

- 一、氢键使水具有特殊性质
- 二、水和极性溶质形成氢键
- 三、水和带电溶质的相互作用
- 四、结晶物质溶于水导致熵增加
- 五、非极性气体在水中的溶解度很小
- 六、非极性化合物迫使水结构作能量优化改变
- 七、范德华作用是原子间的弱吸引力
- 八、弱相互作用是大分子结构和功能的关键
- 九、溶质影响水溶液的依数性和渗透压



## 第四节 水及生物分子间的弱相互作用

表 1-4 一些溶剂的熔点、沸点和蒸发热

溶剂种类	熔点/°C	沸点/°C	蒸发热/(J/g) <sup>①</sup>	溶剂种类	熔点/°C	沸点/°C	蒸发热/(J/g) <sup>①</sup>
水	0	100	2260	丙酮 CH <sub>3</sub> COCH <sub>3</sub>	-95	56	523
甲醇 CH <sub>3</sub> OH	-98	65	1100	己烷 CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CH <sub>3</sub>	-98	69	623
乙醇 CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	-117	78	854	苯 C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	6	80	394
丙醇 CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH	-127	97	687	丁烷 CH(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	-135	-0.5	381
丁醇 CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CHOH	-90	117	590	氯仿 CHCl <sub>3</sub>	-63	61	247



## 第四节 水及生物分子间的弱相互作用

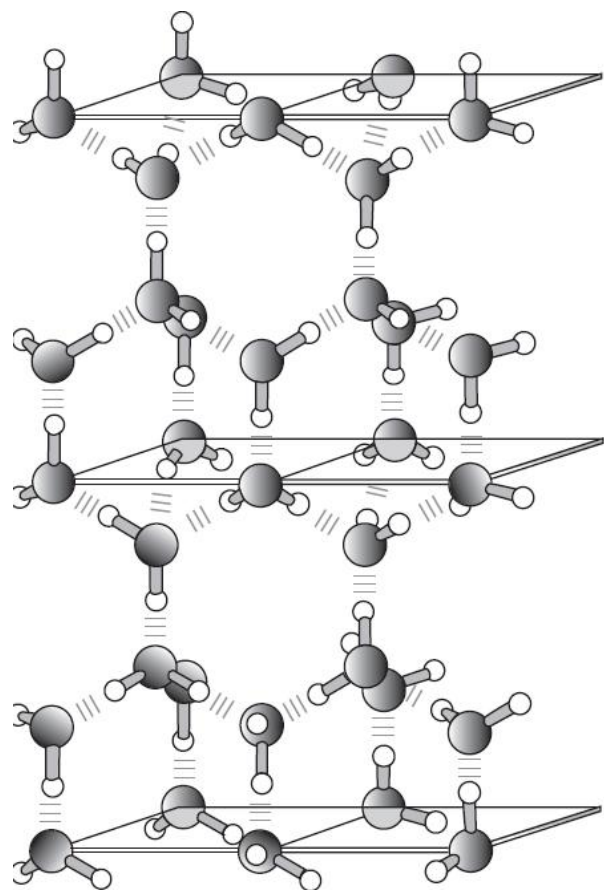


图 1-7 冰中的氢键

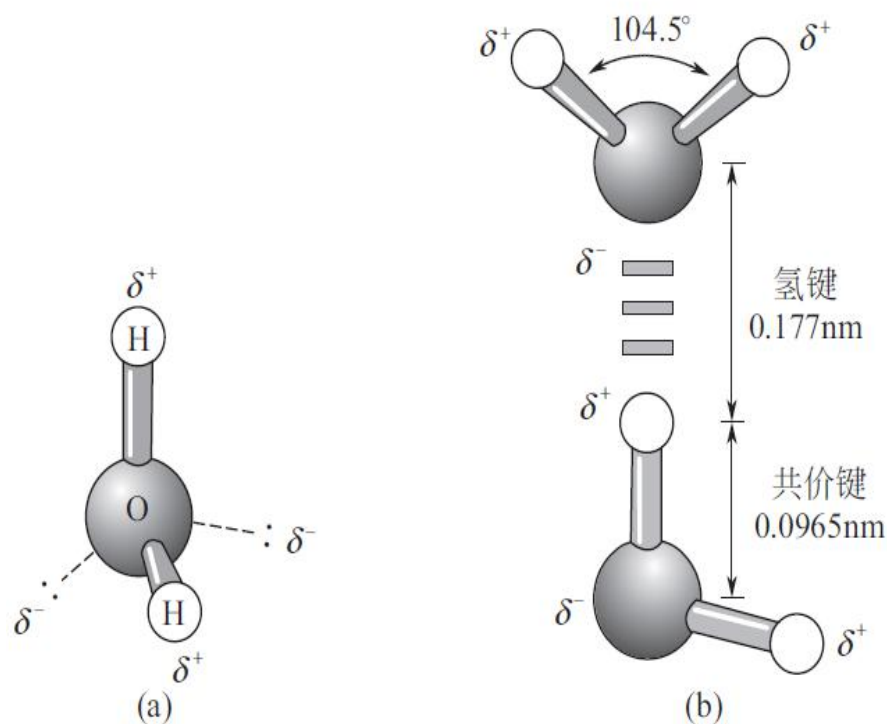


图 1-6 水分子的结构



## 第四节 水及生物分子间的弱相互作用

- 水是一种极性溶剂。它易于溶解大部分生物分子，这些生物分子一般是带电的或极性化合物。易溶于水的化合物称为“亲水的”。
- 而非极性溶剂像氯仿和苯对极性生物分子不是好溶剂但是易于溶解“疏水化合物”——非极性分子如脂肪和蜡。
- 水溶解像NaCl这样的盐类靠水合作用并稳定Na<sup>+</sup> 和 Cl<sup>-</sup> 离子，以弱化它们之间的静电作用，抵抗它们结合成晶体的趋向。



## 第四节 水及生物分子间的弱相互作用

- 像NaCl这样的盐溶解时，钠离子和氯离子获得比在晶格中大得多的运动自由度，结果系统的熵增加，这是盐类易溶于水的原因。



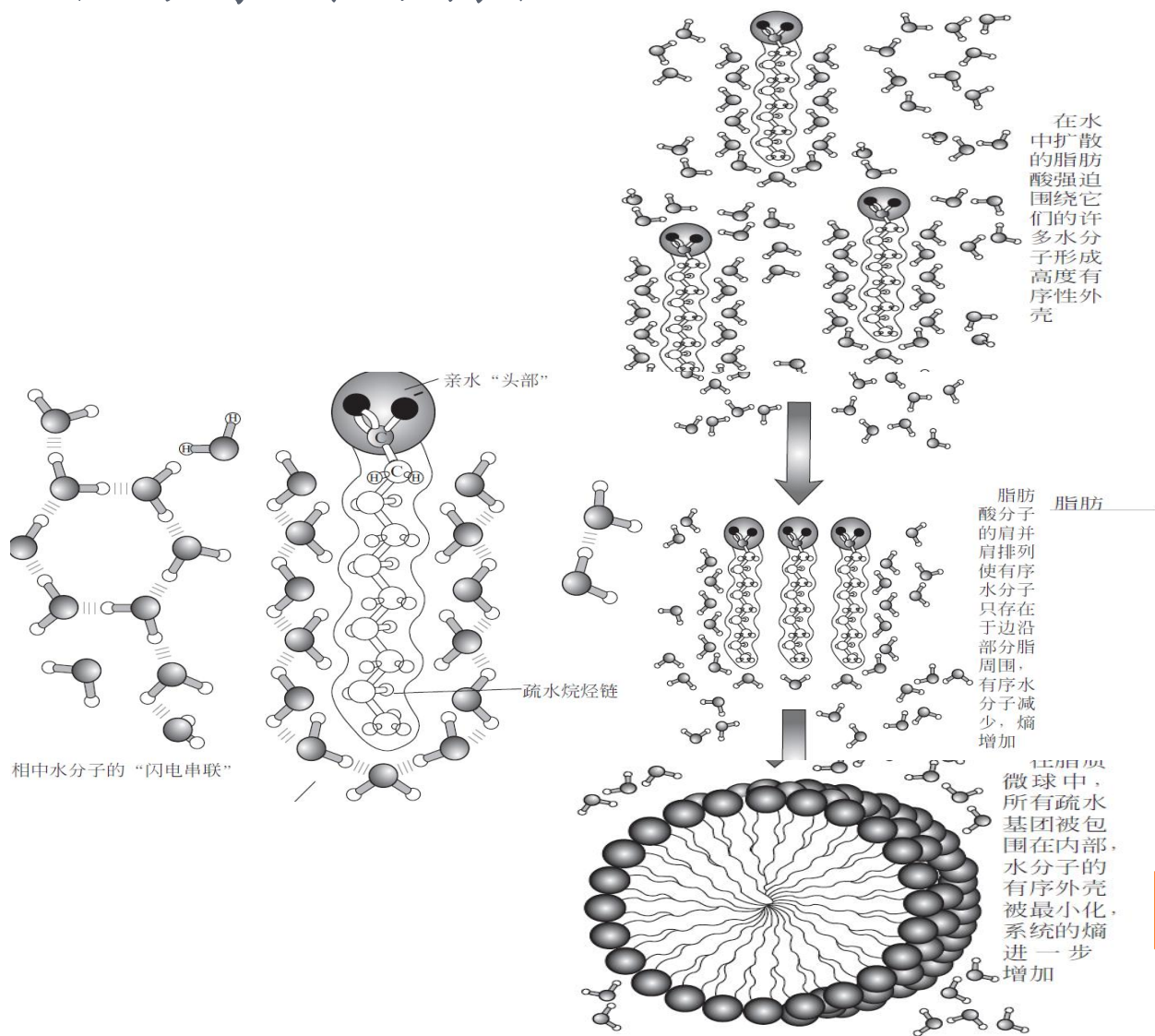
## 第四节 水及生物分子间的弱相互作用

- 一些在生物学上很重要的气体 $\text{CO}_2$ ， $\text{O}_2$  和 $\text{N}_2$  是非极性的
- 有些生物体含有水溶性的“载体蛋白”，它们能促进 $\text{O}_2$  的运输。二氧化碳在水溶液中形成碳酸，因而作为 $\text{HCO}_3^-$ 自由地溶于水（在 $25^\circ\text{C}$ 时约  $100 \text{ g} / \text{L}$ ），又可和血红蛋白结合。





# 第四节 水及生物分子间的弱相互作用



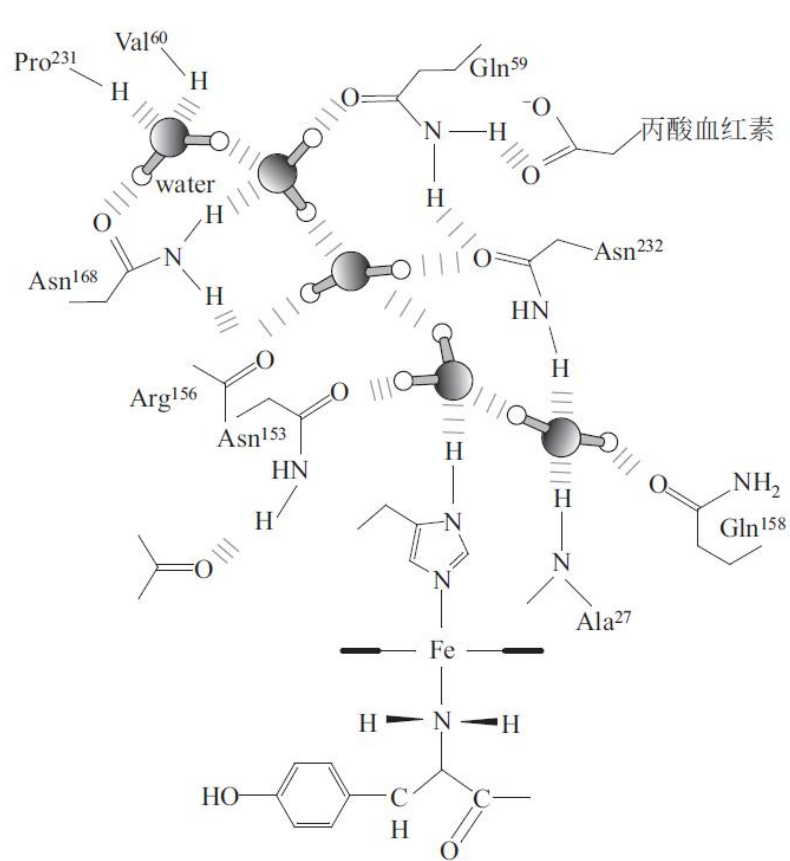
## 第四节 水及生物分子间的弱相互作用

表 1-5 一些元素的范德华半径和共价半径（单键）

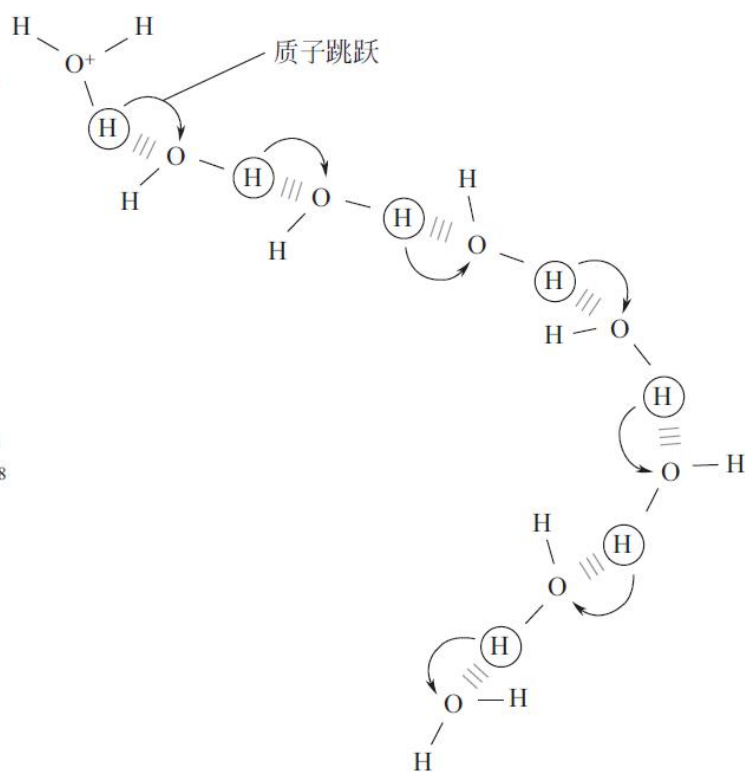
元件	van der Waals 半径/nm	单键共价半径/nm	元件	van der Waals 半径/nm	单键共价半径/nm
H	0.11	0.030	S	0.18	0.104
O	0.15	0.066	P	1.19	0.110
N	0.15	0.070	I	0.21	0.133
C	0.19	0.077			



# 第四节 水及生物分子间的弱相互作用



水合氢离子给出一个质子



水接受一个质子成为水合氢离子



## 第四节 水及生物分子间的弱相互作用

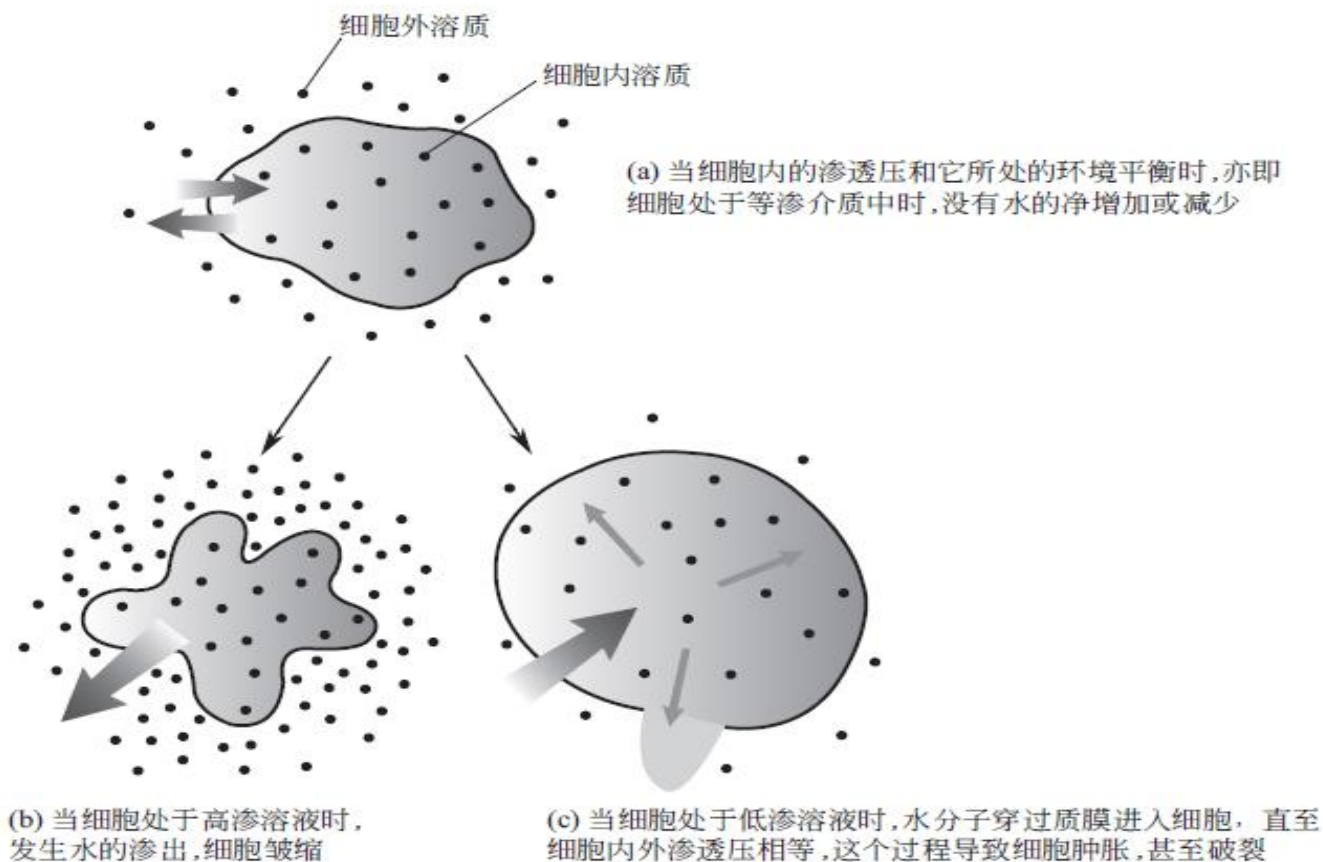


图 1-11 细胞外渗透压对水跨膜运动的影响