

一、脂质的化学结构及其功能

1. 简单脂
2. 复合脂
3. 异戊二烯类脂

二、生物膜的结构及其功能


1. 生物膜的化学组成
2. 生物膜的基本结构与性质



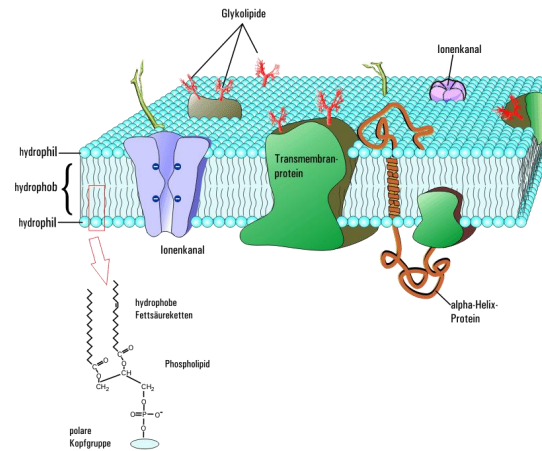
★脂质也称为脂类或类脂，是生物体内一类范围很广、化学结构迥异、生理功能各不相同的有机分子，它们都具有一个共同的物理性质即**一般不溶于水而溶于有机溶剂**。许多脂为**两性分子**，这样的性质对于形成生物膜的结构至关重要。

 简单脂

 复合脂

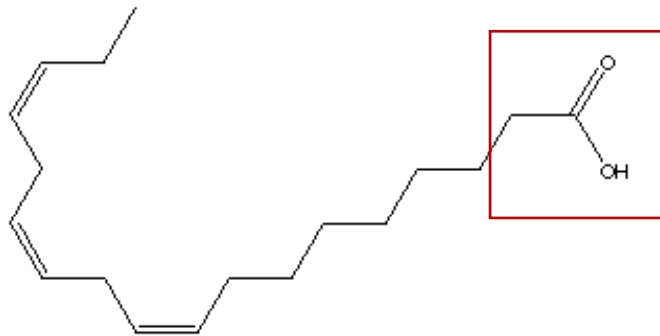
 异戊二烯类脂

1. **贮存脂质**：能量的主要贮存形式，抗低温；
2. **结构脂质**：构成**生物膜**的骨架；
3. **活性脂质**：是少量的细胞成分，具有专一的重要生物活性。

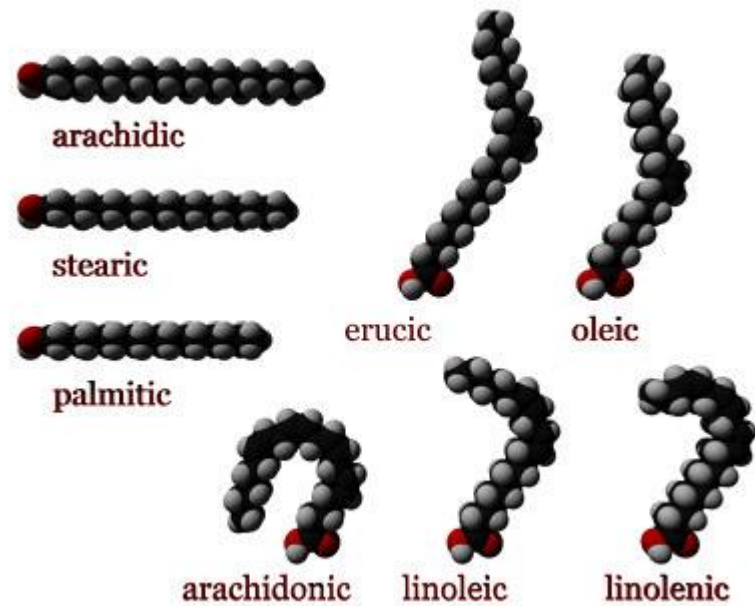


- 脂肪酸及种类
- 必需多不饱和脂肪酸
- 脂肪酸的结构特点
- 脂肪酸的物理和化学性质

- 脂肪酸是由尾端为**羧酸官能基**的**碳链**组成；
- 肽链长度4-24个碳之间，分为**奇数**或者**偶数**脂肪酸；
- 脂肪酸根据双键数目，可分为**饱和**和**不饱和脂肪酸**；
- 按照营养价值，脂肪酸又分为**必需脂肪酸**和**非必需脂肪酸**。



脂肪酸

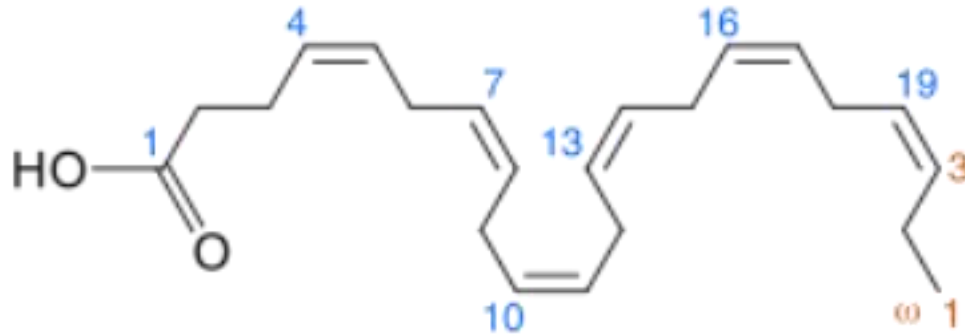


常见脂肪酸的俗称和结构缩写

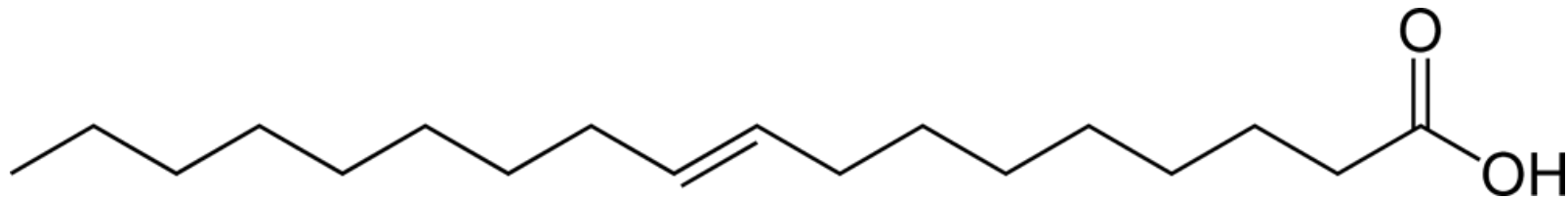
分类	中文俗称	英文俗称	结构缩写
饱和脂肪酸	月桂酸	Lauric acid	12:0
	豆蔻酸	Myristic acid	14:0
	软脂酸 (棕榈酸)	Palmitic acid	16:0
	硬脂酸	Stearic acid	18:0
不饱和脂肪酸	棕榈油酸	Palmitoleic acid	16:1(9) 或 $16:1\Delta^{9c}$
	油酸	Oleic acid	18:1(9) 或 $18:1\Delta^{9c}$
	亚油酸 (必需)	Linoleic acid	18:2(9,12) 或 $18:2\Delta^{9c,12c}$
	α-亚麻酸 (必需)	α -linolenic acid (ALA)	18:3 (9,12,15) 或 $18:3\Delta^{9c,12c,15c}$
	γ -亚麻酸	γ -linolenic acid	18:3 (6,9,12) 或 $18:3\Delta^{6c,9c,12c}$
	花生四烯酸	Arachidonic acid	20:4(5,8,11,14) 或 $20:4\Delta^{5c,8c,11c,14c}$
	二十碳五烯酸	Eicosapentaenoic acid (EPA)	20:5(5, 8, 11, 14,17) 或 $20:5\Delta^{5c,8c,11c,14c,17c}$
	二十二碳六烯酸 (脑黄金)	Docosahexaenoic acid (DHA)	22:6(4,7,10,13,16,19) 或 $22:6\Delta^{4c,7c,10c,13c,16c,19c}$

➤ 不饱和脂肪酸的特点：

- 根据双键个数不同，分为单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸，比如亚油酸， α -亚麻酸， γ -亚麻酸，EPA和DHA；
- 不饱和脂肪酸熔点低，易氧化，C=C双键易发生构型转化；
- 不饱和脂肪酸有顺式和反式两种异构体，生物体内大多是顺式的；
- 距羧基最远端的双键位置，依照 ω 编号系统可分为 ω -9系列， ω -7系列， ω -6系列， ω -3系列。



二十二碳六烯酸 (DHA)

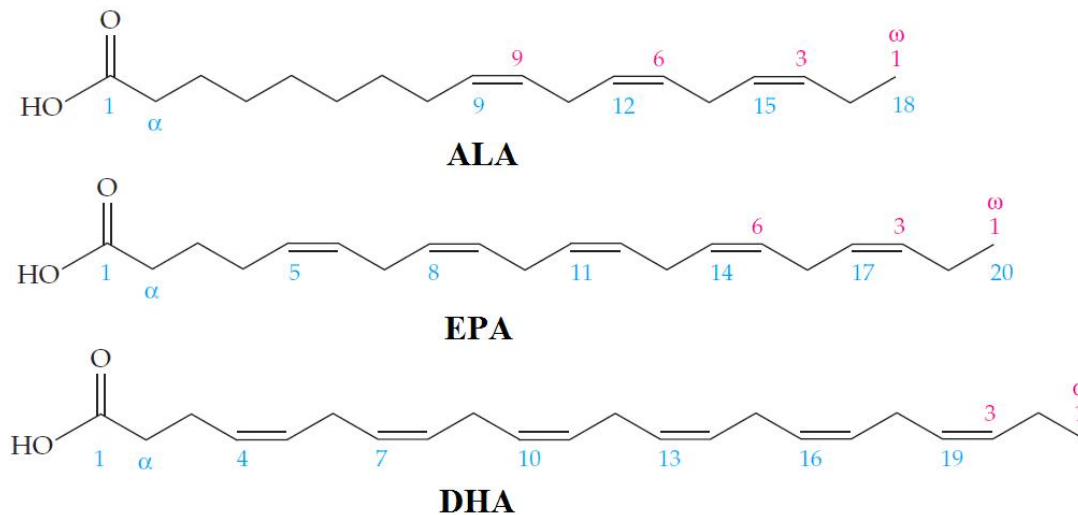


反式脂肪酸

反式脂肪酸的危害?

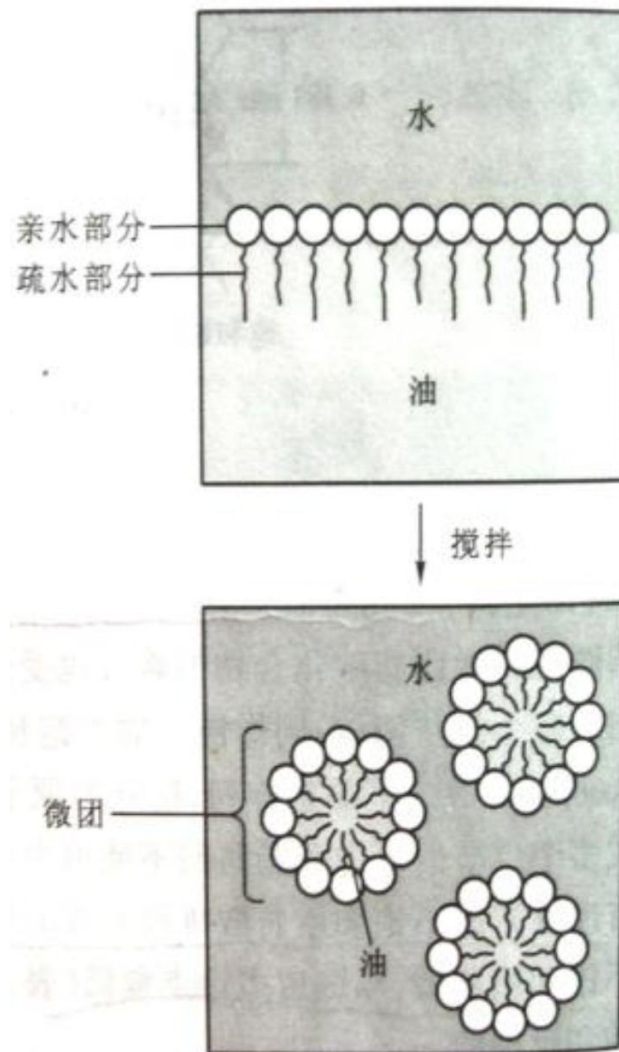


- ω -6及 ω -3系列多不饱和脂肪酸为必需脂肪酸。
- 常见的必需脂肪酸包括：亚油酸，亚麻酸。



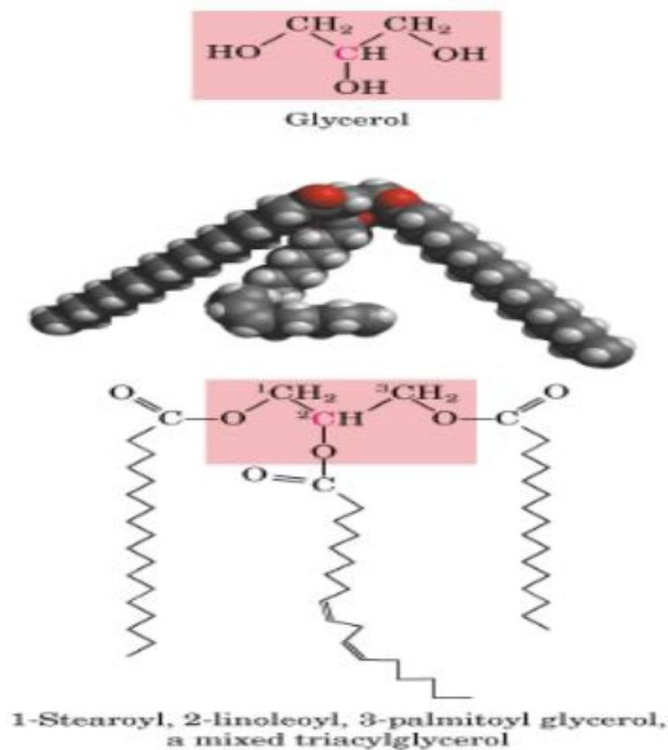
➤ 脂肪酸盐与乳化作用

- 脂肪酸盐： $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_n-\text{COO}-\text{K}^+$
- 去污剂：都是两性分子，具有亲水基和疏水基，是两亲化合物；
- 乳化作用：油滴被裹上一层去污剂分子，处于微团中，油滴作为亲水体悬于水中成乳胶。

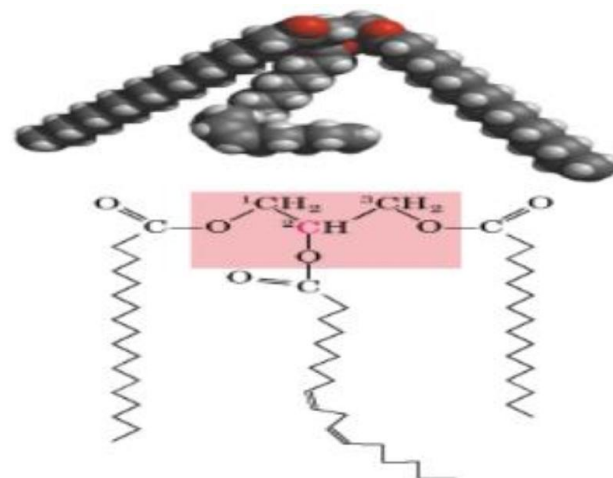
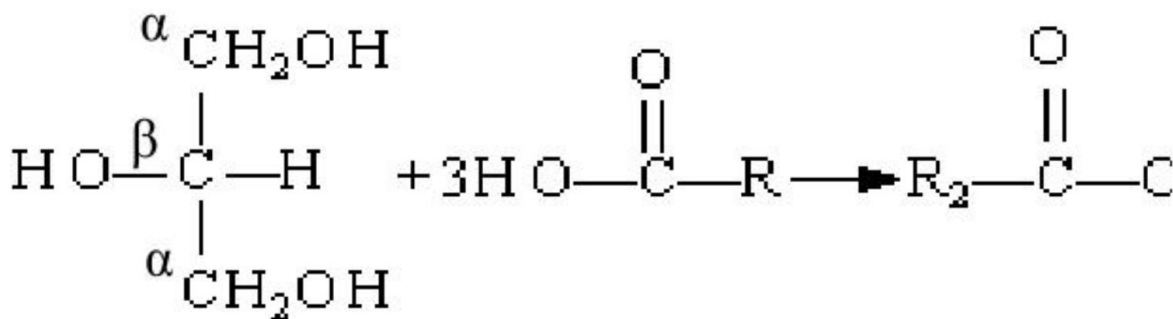


1. 脂肪

- 脂肪的组成及结构特点
- 三酰甘油的化学性质



1. 脂肪



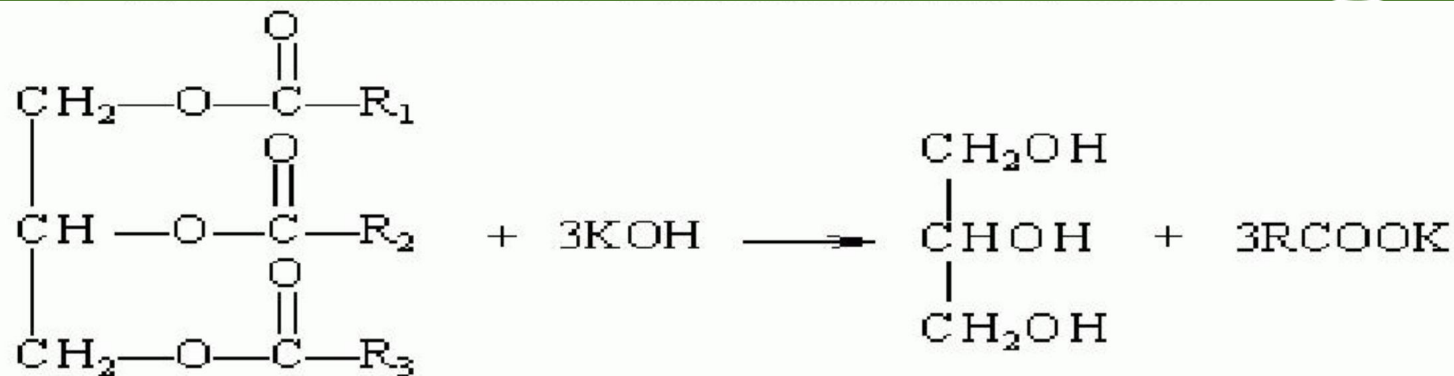
1-Stearoyl, 2-linoleoyl, 3-palmitoyl glycerol, a mixed triacylglycerol

- 单脂酰甘油 (MG)、二脂酰甘油 (DG)、三脂酰甘油 (脂肪, TG)
- R_2 多是不饱和脂肪酸
- 动、植物油脂中主要是三酰甘油 (TG)
- 自然界动植物油脂多为混酸甘油三酯、同酸甘油三酯的复杂混合物

➤ 脂肪的化学性质

- 无色，无味的稠性液体或蜡状固体
- 水解与皂化
- 氢化和卤化
- 油脂酸败，油脂干燥
- 脂质过氧化作用

□ 简单脂



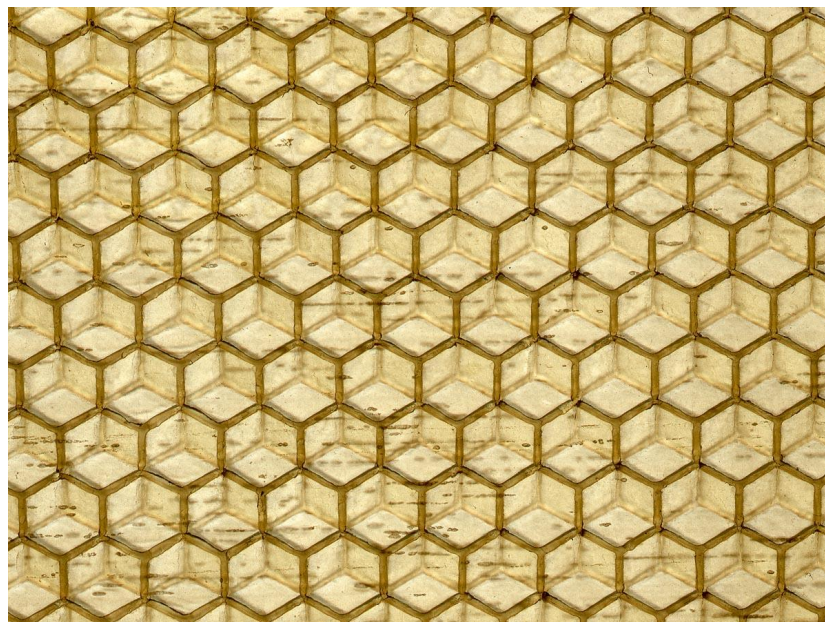
水解作用



氢化作用

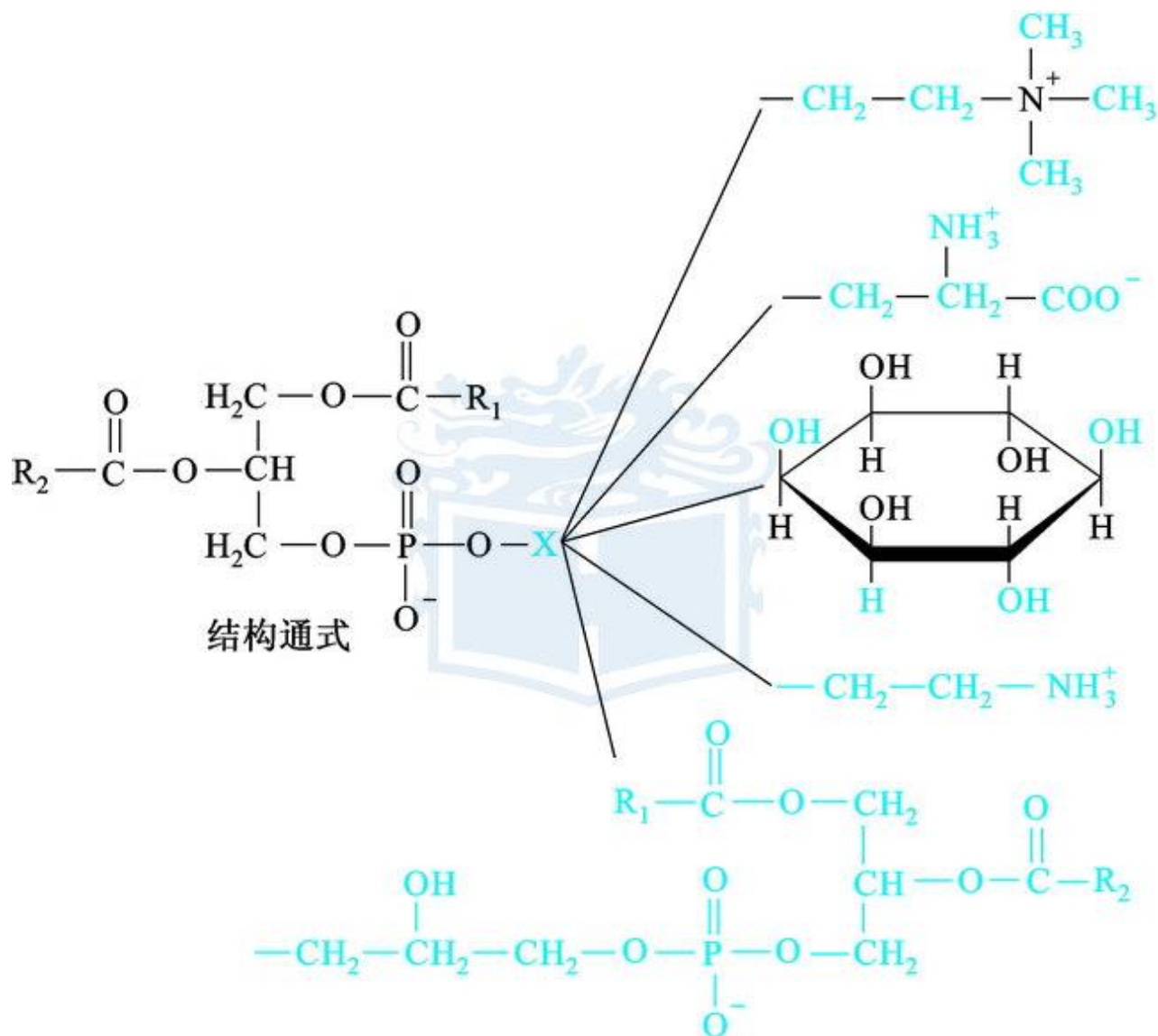
2. 蜡

- 蜡主要是由长链脂肪酸和高级脂肪醇形成的一种高度不溶于水的酯。它广泛存在于动物的皮毛、植物的叶子和鸟类的羽毛之中，起防水和保护作用。



蜂蜡

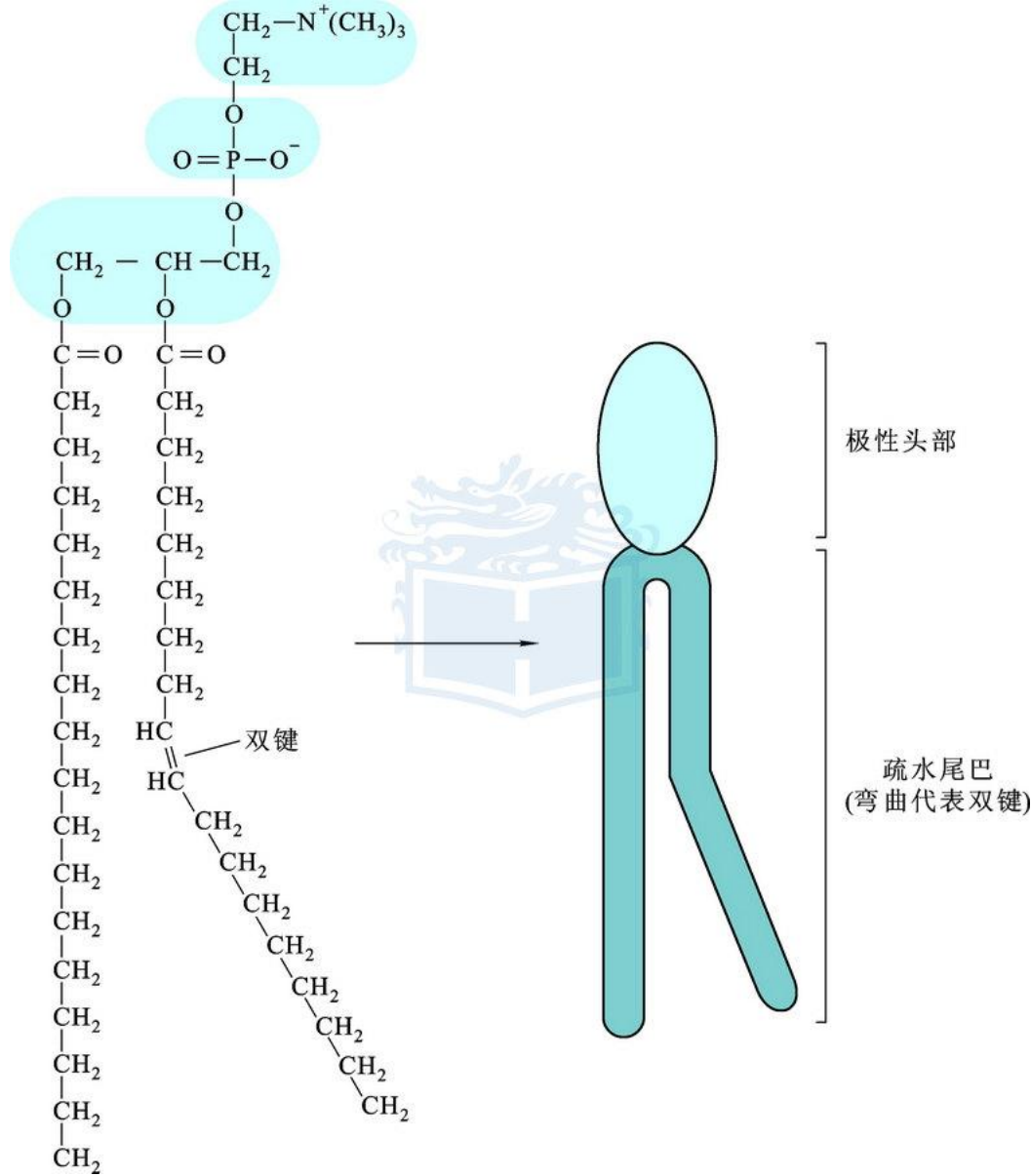
★复合脂除含有脂酰基和醇基团以外，还含有一些非脂成分。根据非脂成分的不同，复合脂可以分成**磷脂**（phospholipid）和**糖脂**（glycolipid）。磷脂包括以甘油为骨架的**甘油磷脂**（phosphoglyceride）和以鞘氨醇为骨架的**鞘磷脂**（sphingomyelin）。糖脂是含有糖基的脂类。这两大类脂都属于两性脂，是构成生物膜的主要成分。



↪ X基团是含有羟基的有机官能基团，它是可变的。如果X=H，则为最简单的甘油磷脂——**磷脂酸**

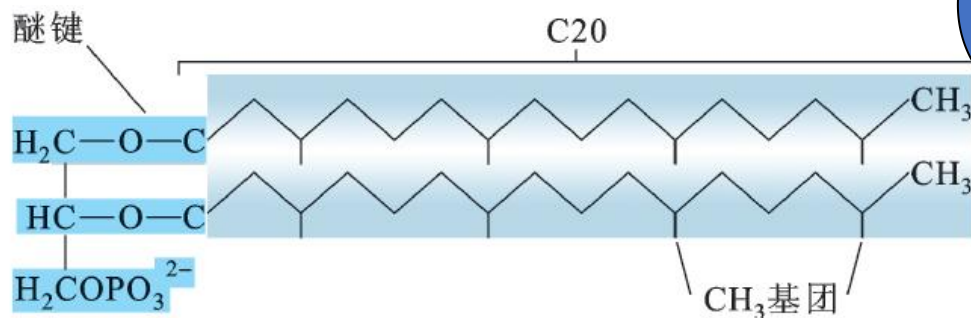
甘油磷脂的结构通式

复合脂

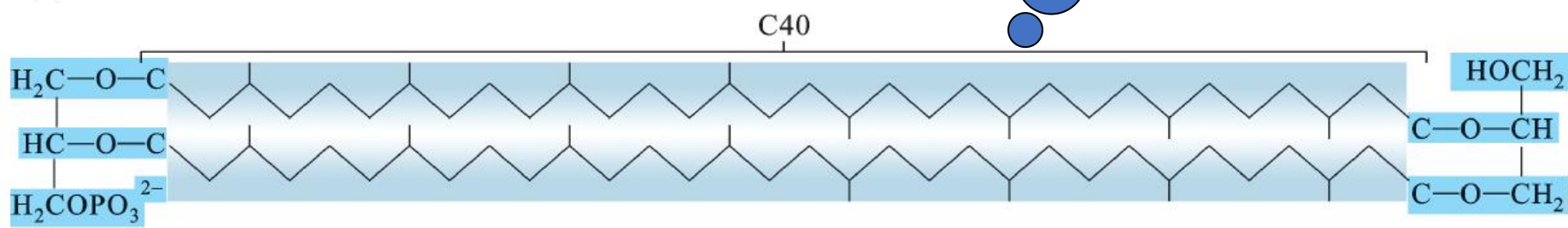


甘油磷脂的两性性质

甘油磷脂中的醚磷脂，在1号位和/或2号位的脂酰基变成了脂醚基。为了适应极端恶劣的环境，古菌细胞膜主要由醚磷脂组成，原因是醚键比酯键更加稳定。



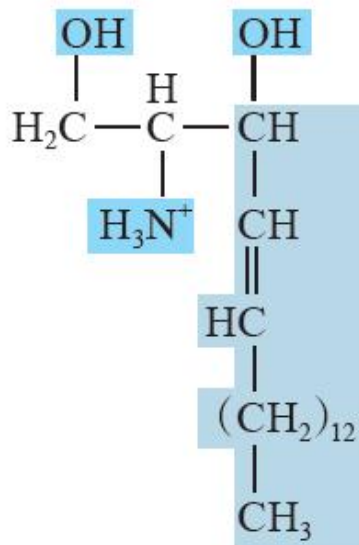
(1) 甘油二醚



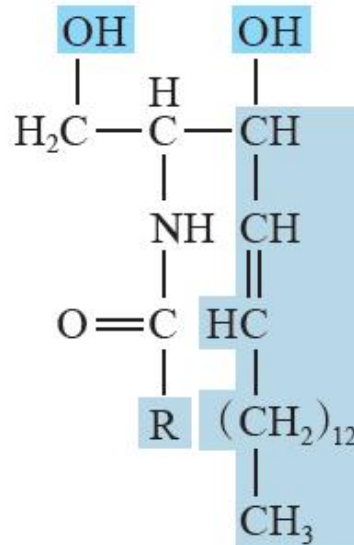
甘油二醚和甘油四醚的化学结构

鞘磷脂

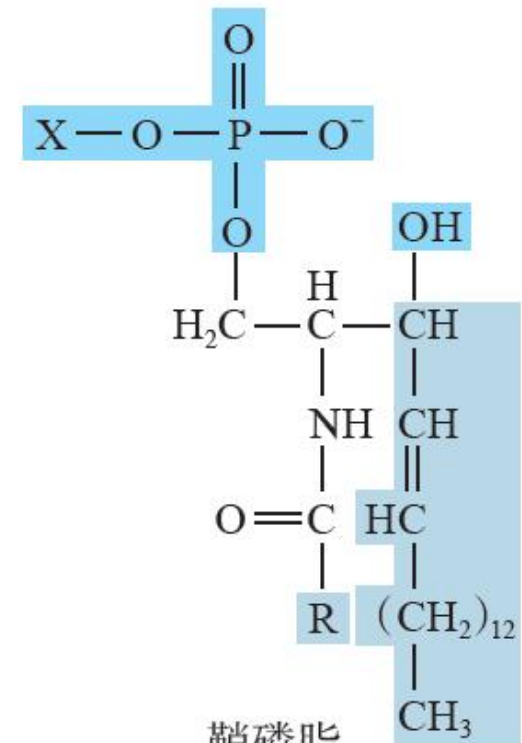
★ 鞘磷脂的结构与甘油磷脂十分相似，也是一种两性分子，只不过是由神经鞘氨醇代替了甘油。神经鞘氨醇的氨基被脂酰化以后，形成的化合物就是神经酰胺。



神经鞘氨醇



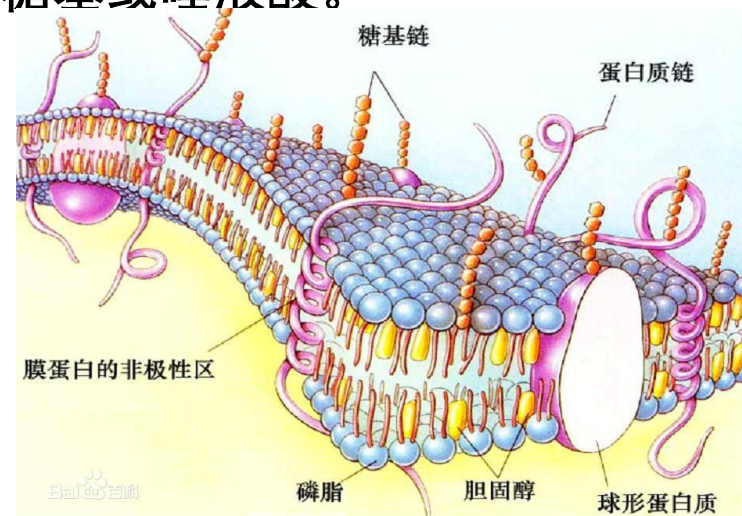
神经酰胺

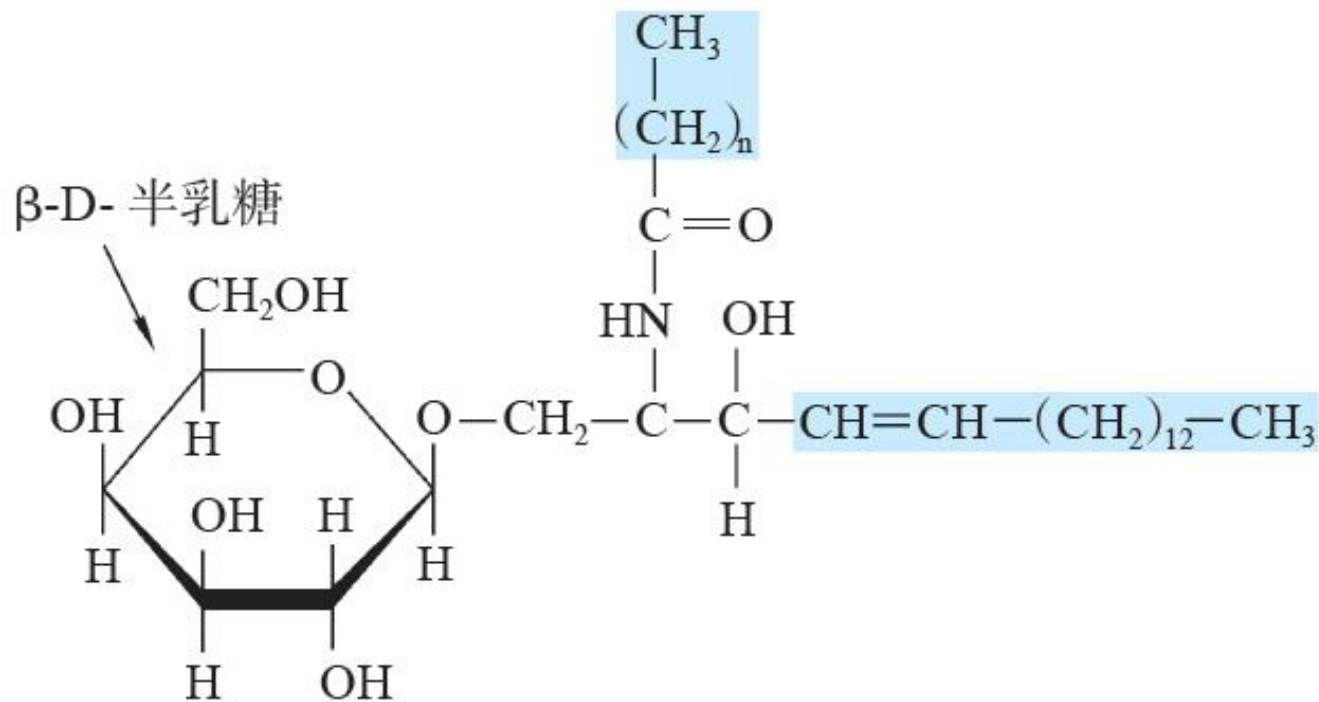


鞘磷脂

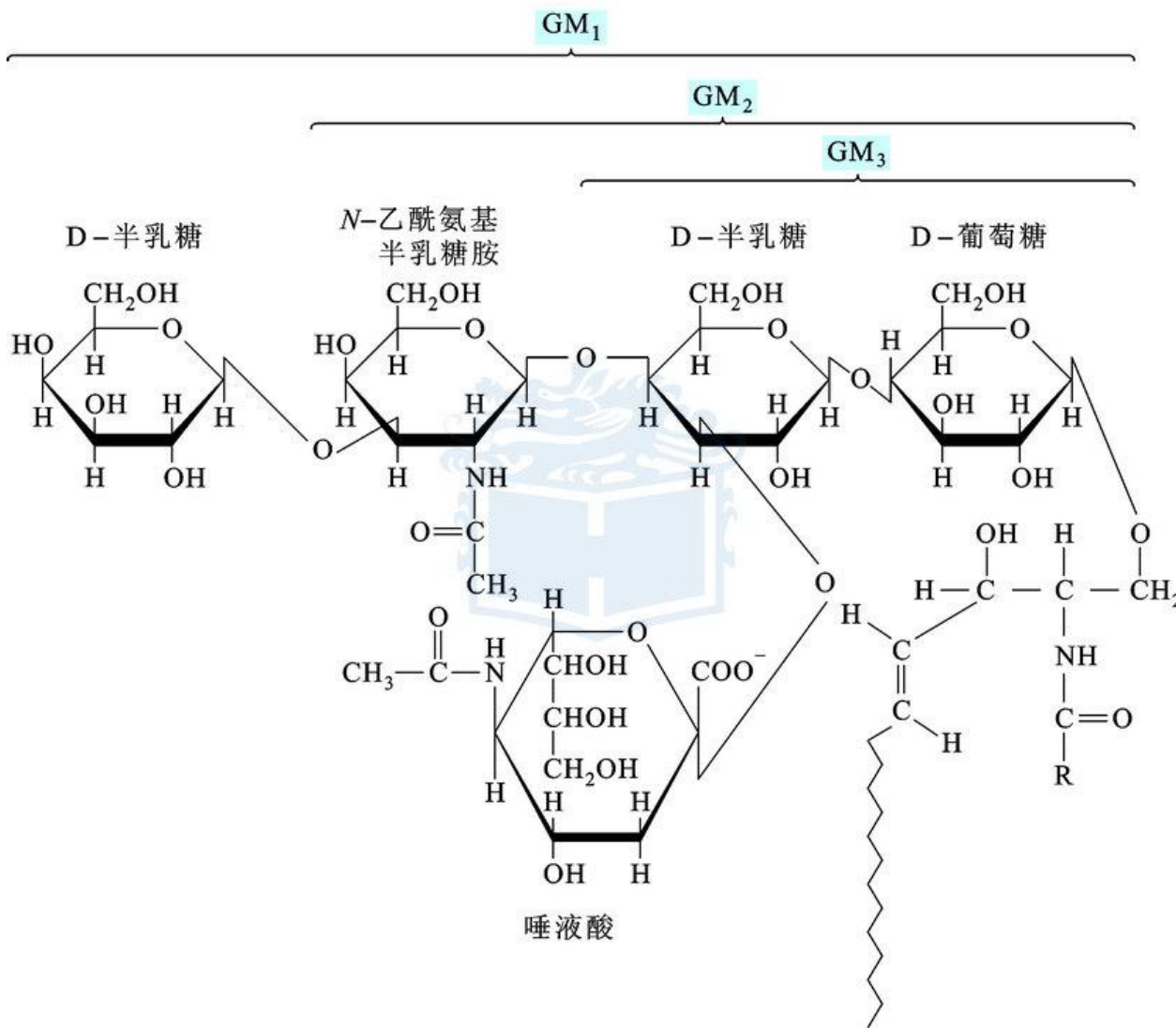
糖脂

- ★糖脂是糖通过它的**半缩醛羟基**以**糖苷键**与**脂质**连接而成的化合物。它的非脂部分为糖基，脂部分的醇是**神经鞘氨醇**或**甘油**，由神经鞘氨醇构成鞘糖脂，甘油醇构成甘油糖脂。其中鞘糖脂和鞘磷脂通称为鞘脂。
- ★鞘糖脂又分为中性鞘糖脂和酸性鞘糖脂。前者的糖基无唾液酸成分，通常为单糖、双糖、三糖或寡糖。如**半乳糖神经酰胺（脑苷脂）**；后者的糖基含有酸性的硫酸化糖基或唾液酸。

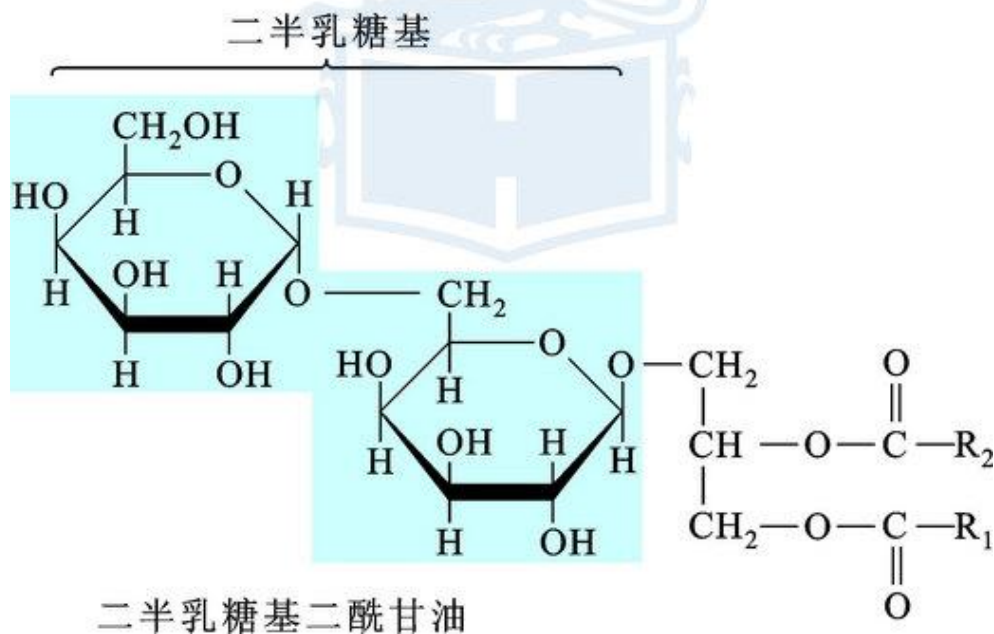
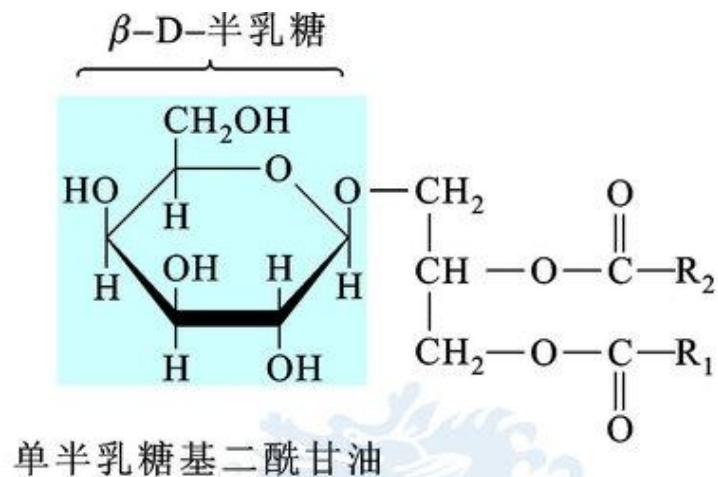




中性鞘糖脂的化学结构



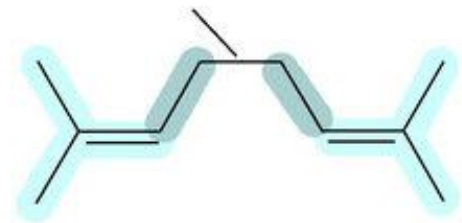
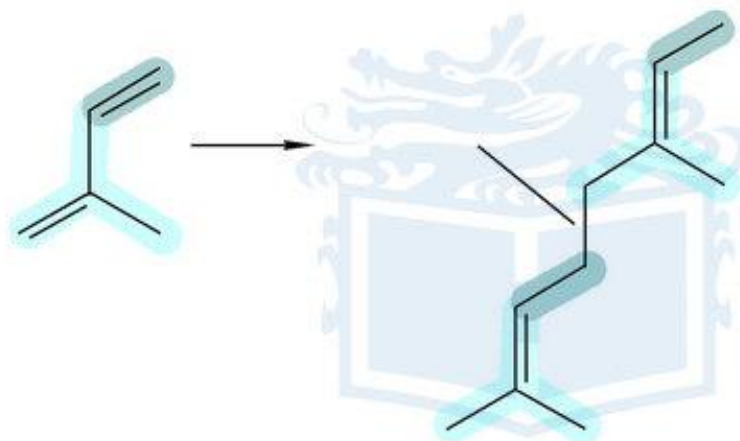
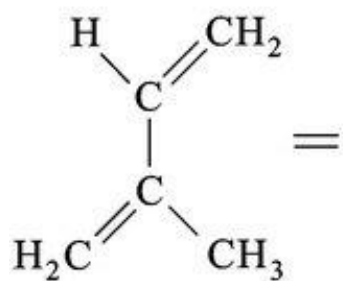
酸性鞘糖脂的化学结构



甘油糖脂的化学结构

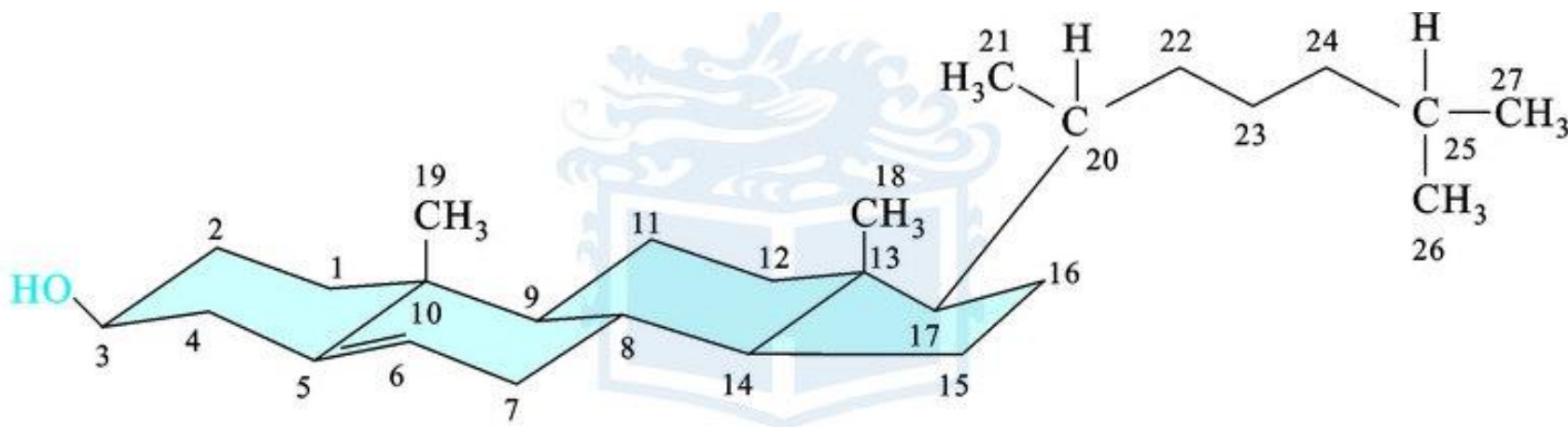
萜类

★是由若干个异戊二烯单位连接而成，连接的方式主要是“头尾”相连，也有“尾尾相连”。



类固醇

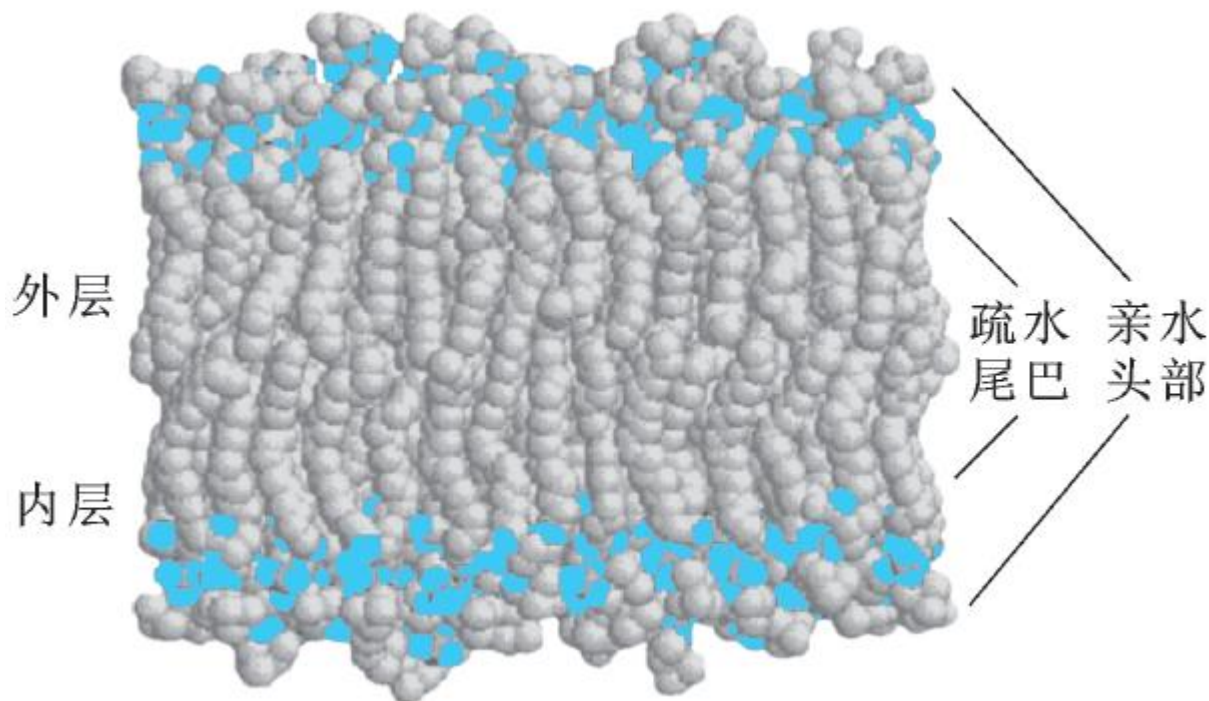
★类固醇也称甾类，其结构以由3个六元环和1个五元环融合在一起的环戊烷多氢菲为核心。其中胆固醇最重要，其他甾类几乎都是由它衍生而来。



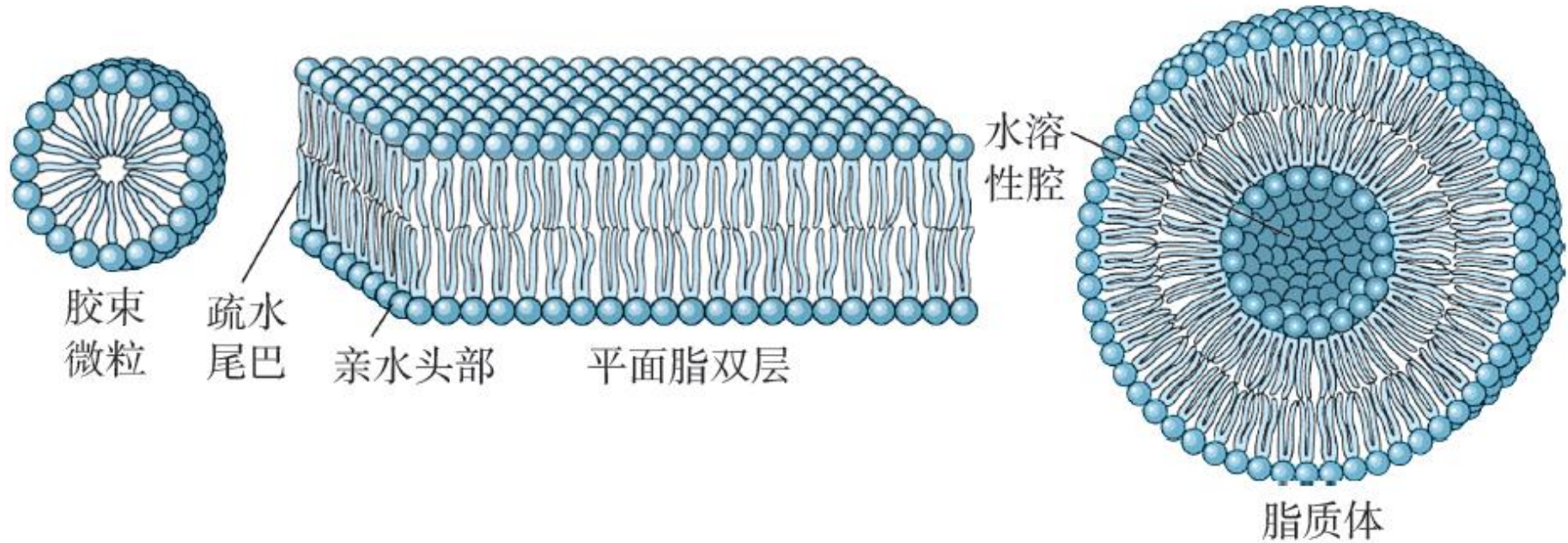
胆固醇的化学结构

生物膜的基本结构

- 生物膜的基本结构是由膜脂和膜蛋白的基本性质决定的。其最基本的结构骨架是双层的膜脂分子，简称脂双层结构。



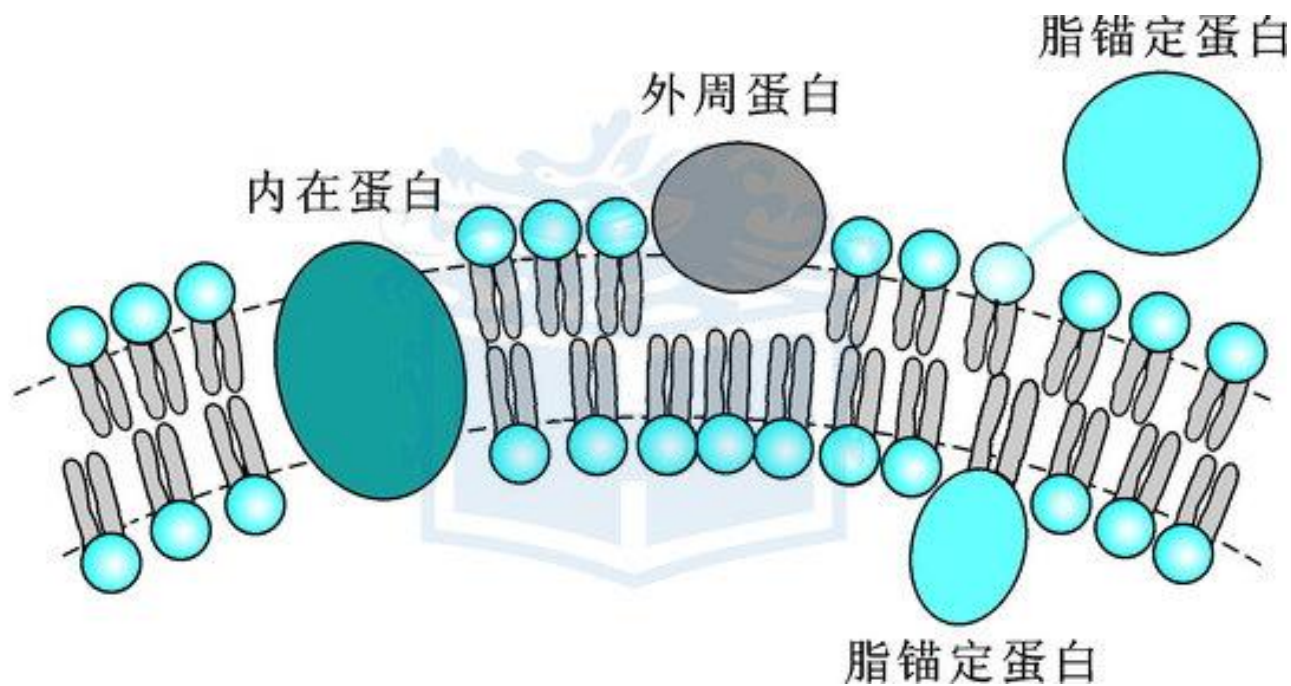
脂双层的结构示意图

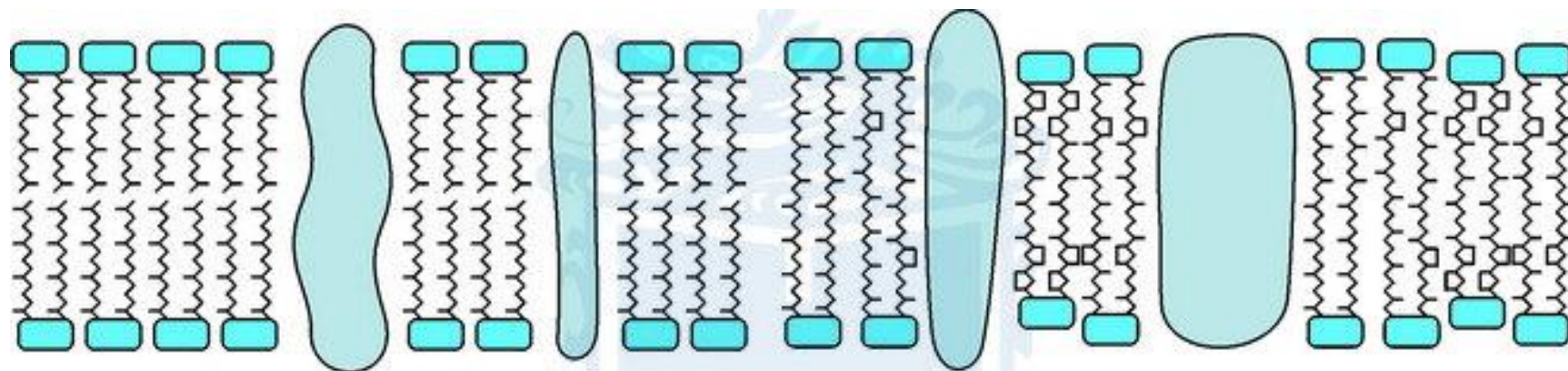


磷脂分子自组装形成的几种结构

膜蛋白

- ★ 膜蛋白是生物膜功能的主要执行者，根据它们在膜上的性质，可分成外周蛋白、内在蛋白和脂锚定蛋白。





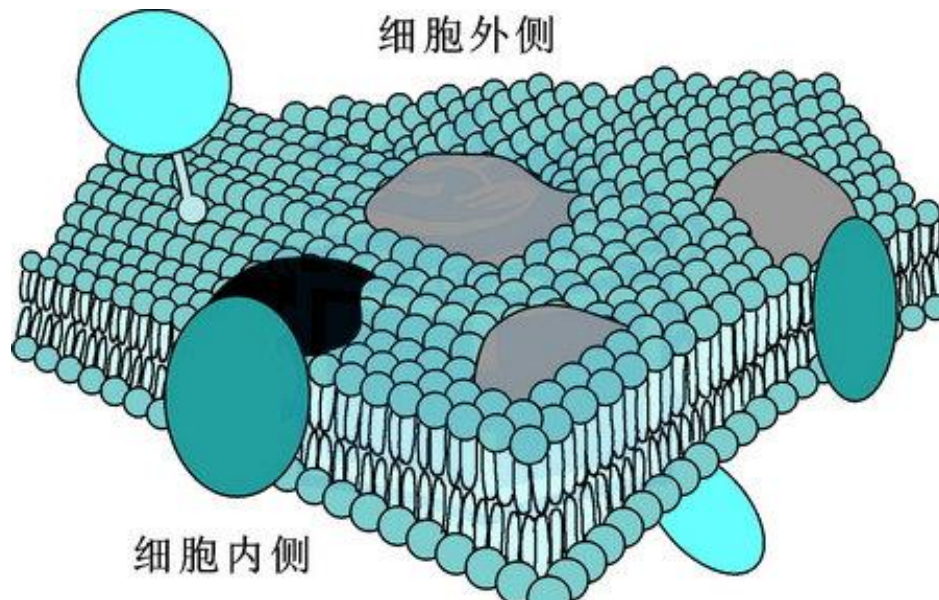
带有内在蛋白的双层脂膜

带有内在蛋白的单层脂膜

强嗜热古细菌的膜结构

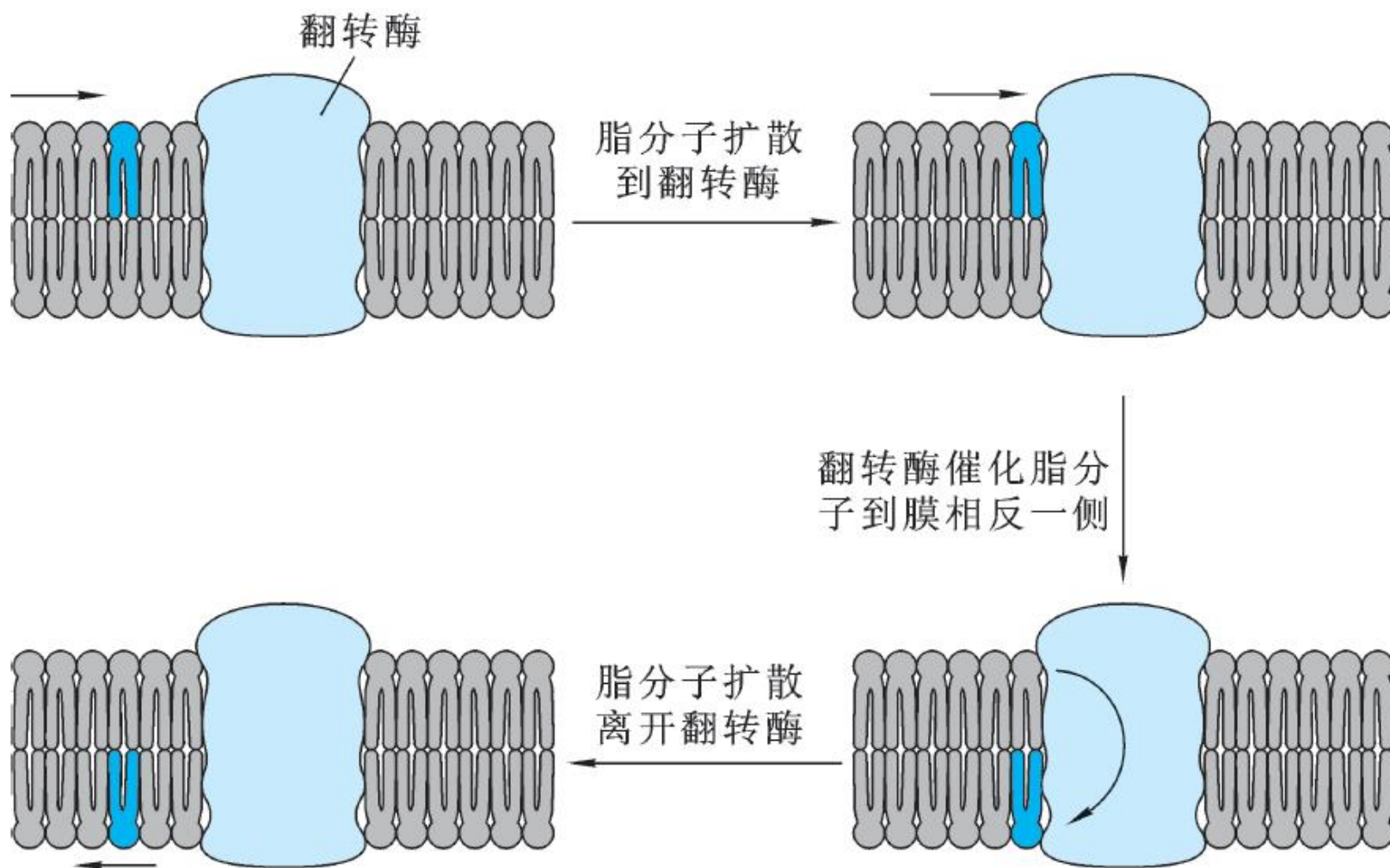
生物膜的流动镶嵌模型

- ★ 该模型由S. Jonathan Singer 等人于1972年提出的。其主要内容是：生物膜以具有流动性的二维脂双层作为基本骨架，在上面镶嵌有各种蛋白质，这些蛋白质有的分布在表面，有的横跨整个脂双层，其中的蛋白质相对自由地“浮动”在脂双层骨架上，而形成一种镶嵌的花式。在这里，可以将脂双层比作海洋，膜蛋白比做冰山，膜脂与膜蛋白的关系就像是海洋和冰山。

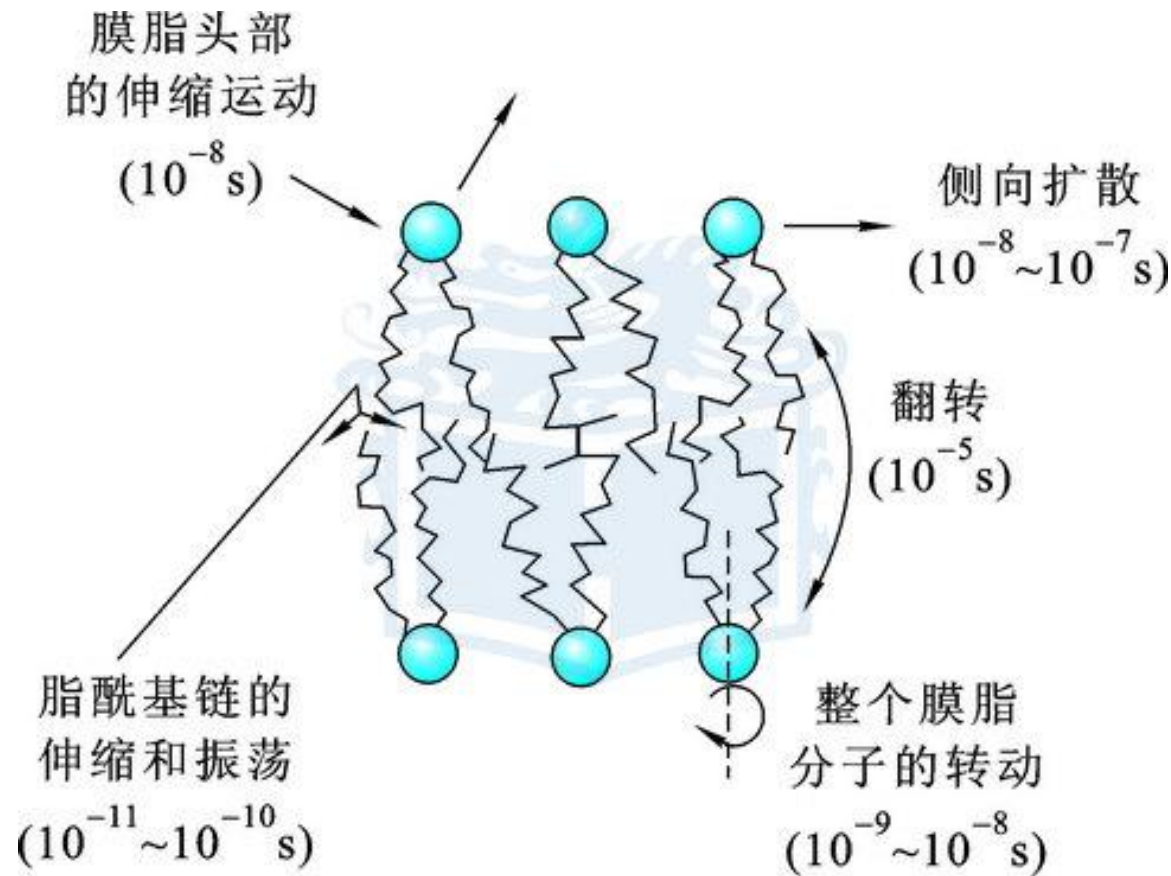


生物膜的性质

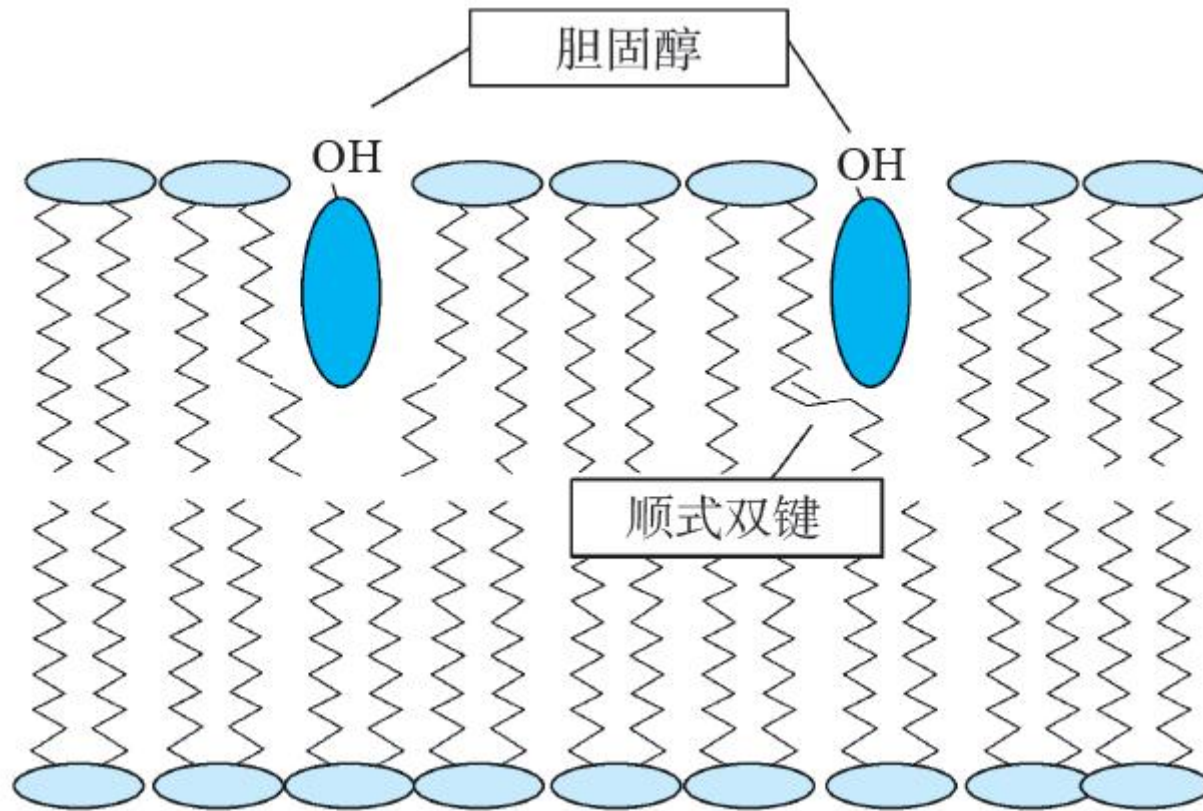
- ★ 流动性（取决于温度和膜的组成）
 - ① 需要约50%处于液态否则细胞会死亡
 - ② 对于膜蛋白的运动非常重要；
 - ③ 有利于膜的融合
- ★ 不对称性
 - ① 结构不对称性
 - ② 功能不对称性
- ★ 物质的选择透过性



翻转酶的作用模型

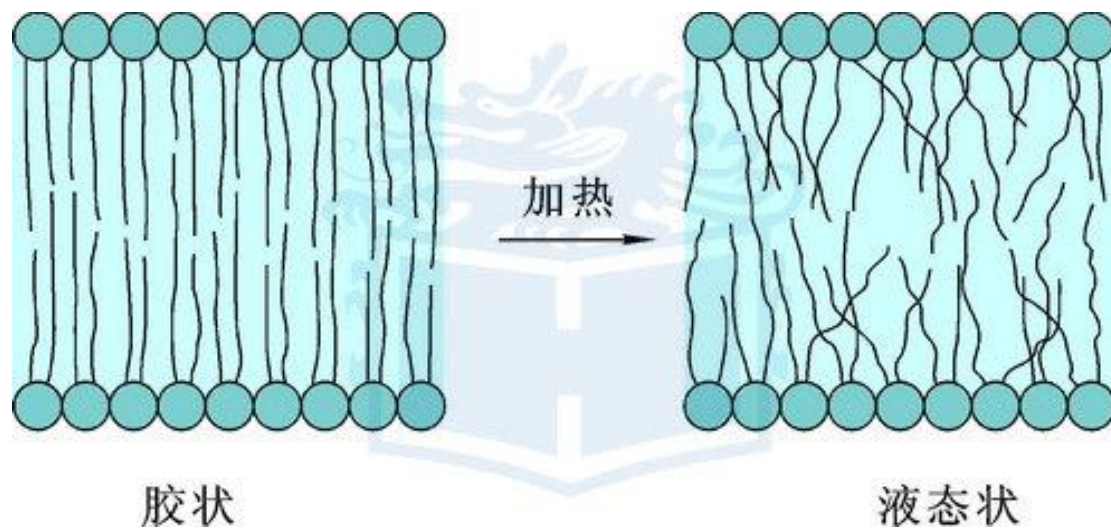


膜脂的各种运动



胆固醇对膜流动性的双面影响

在膜流动性较强的时候，胆固醇特殊的环结构使其能够见缝插针，填充在不饱和碳氢链因弯曲产生的缝隙之中，像胶水一样，加强疏水尾巴之间的范德华力，而使得膜的流动性降低；相反，如果膜的流动性不高，其刚性的环结构就夹杂在饱和的碳氢链之间，不利于疏水尾巴之间紧密有序的聚集，而反而能够提高膜的流动性。



膜脂的相变

在较低的温度下，膜脂上的脂酰基链高度有序排列，而导致生物膜处于一种类似固体或结晶的状态。但随着温度的升高，膜脂上的脂酰基从有序转变为无序状态，原先处于固态的膜脂逐渐转变为流体态或液晶态。生物膜这种从固态转变为液态的过程被称为相变。

生物膜的功能

- ① 为细胞的生命活动提供相对稳定的内环境；
- ② 选择性的物质运输，包括代谢底物的输入与代谢产物的排出；
- ③ 提供细胞识别位点，并完成细胞内外信息的跨膜传递；
- ④ 为多种酶提供结合位点，使酶促反应高效而有序地进行；
- ⑤ 介导细胞与细胞、细胞与基质之间的连接；
- ⑥ 参与形成具有不同功能的细胞表面特化结构。

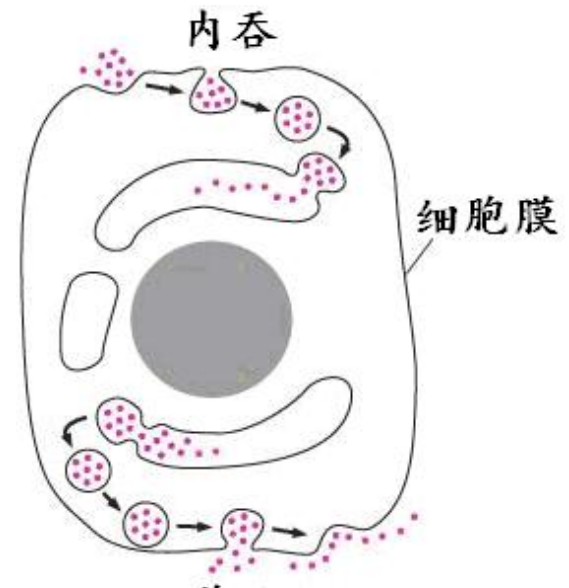
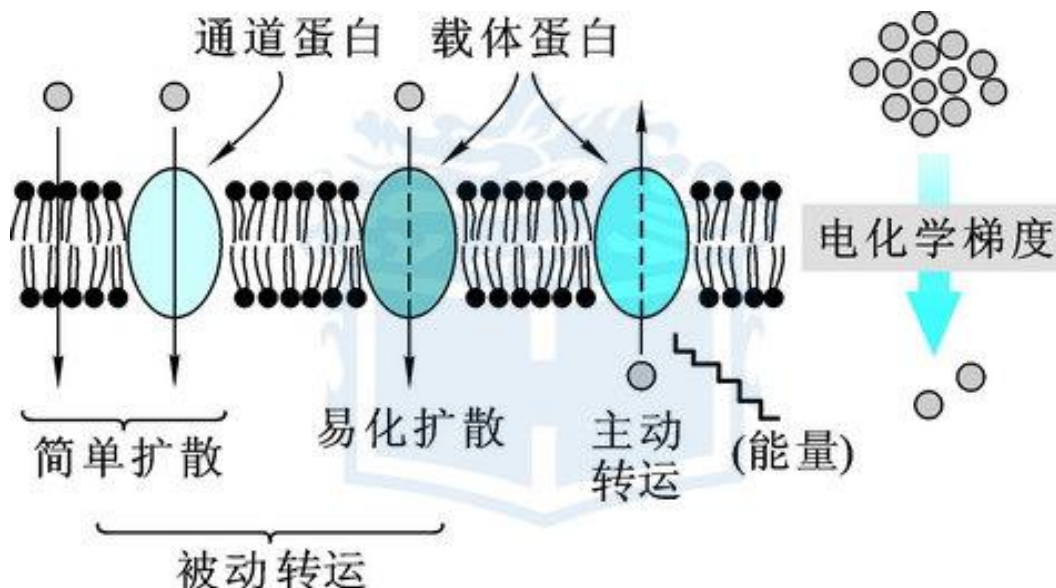
物质的跨膜转运

★ 小分子物质的跨膜转运

- ① 被动运输：包括简单扩散、易化扩散和通道转运
- ② 主动运输：包括初级主动转运和次级主动转运

★ 生物大分子的跨膜转运

- ① 内吞
- ② 胞吐



几种跨膜转运方式的比较

转运方式	载体蛋白	饱和动力学	转运方向	能量消耗
简单扩散	无	无	顺浓度梯度	无
通道或孔	有	无	顺浓度梯度	无
易化扩散	有	是	顺浓度梯度	无
初级主动转运	有	是	逆浓度梯度	直接消耗，通常是 ATP 的水解
次级主动转运	有	是	逆浓度梯度	间接消耗，为离子梯度

@每天一堂TED课 博搜索:[@柚子木字幕组](#) 微信号:[Youzimu](#)
听译:[NatalieD](#) 校正:[lvy](#) 时轴:[Aero.](#)



TED Ed
LESSONS WORTH SHARING