

第十六章 类脂化合物

§ 16.1 油 脂

§ 16.2 肥皂及表面活性剂

§ 16.3 蜡

§ 16.4 磷 脂

§ 16.5 萜类化合物

§ 16.6 甾体化合物

第十六章 类脂化合物

教学重点和难点

- (1) 油脂化合物的组成及理化性质
- (2) 肥皂的成分及其制备，表面活性剂类型。
- (3) 蜡、磷脂、萜类化合物、甾体化合物的结构、组成、理化性质及其用途。

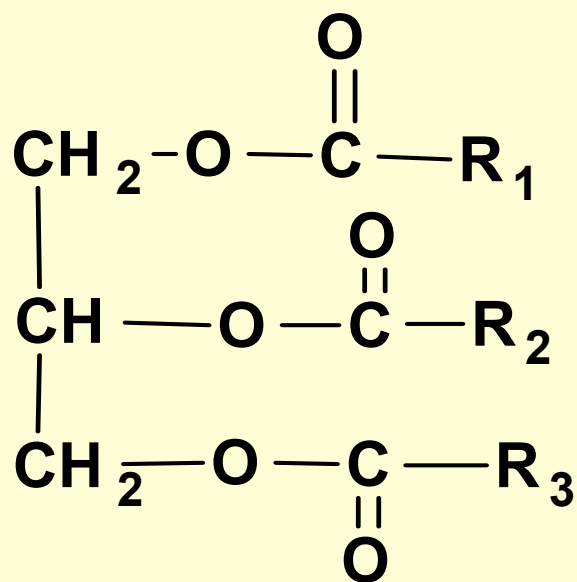
第十六章 类脂化合物

- 糖、脂、蛋白是维持正常生命活力的三要素。
- 类脂化合物包括油脂、蜡、磷脂、萜类以及甾体化合物等。他们都是不溶于水而溶于非极性或弱极性有机溶剂中的由生物体中提取的物质。
- 油脂、蜡、磷脂都属于脂类。它们的水解产物中都含有脂肪酸。
- 萜类和甾体化合物的结构完全不同，但它们在生物体内却是由同样的原始物质生成的。

§ 16-1 油 脂

一、定义：油脂指的是猪油、牛油、花生油、豆油、桐油等动、植物油。

二、化学成分：主要成分是三分子高级脂肪酸与甘油形成的酯。还含有少量的游离脂肪酸、高级醇和高级烃等。甘油酯的通式为：



组成油脂的脂肪酸大多是含有偶数碳原子的直链羧酸（ $\text{C}_{10} \sim \text{C}_{24}$ ）。

二、化学成分

1、组成油脂的各种饱和脂肪酸中，以软脂酸（十六酸）的分布最广，其次是月桂酸（十二酸）、肉蔻酸（十四酸）和硬脂酸（十八酸）。

2、动物脂肪中含硬脂酸较多；低于**12**个碳原子的饱和脂肪酸比较少见。高于**18**个碳原子的脂肪酸分布虽广，但含量少。

二、化学成分

油脂中的饱和脂肪酸

俗名	系统名称	结构式	熔点/°C
月桂酸	十二酸	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	44
肉豆蔻酸	十四酸	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	58
软脂酸 (棕榈酸)	十六酸	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	63
硬脂酸	十八酸	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	71.2
花生酸	二十碳酸	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$	77
	二十四酸	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{22}\text{COOH}$	87.5

二、化学成分

3、油脂中的不饱和脂肪酸最常见的是烯酸。以含**16**和**18**碳原子的烯酸分布最广。这些不饱和酸第一个双键的位置大都在**C9**和**C10**之间，而且几乎所有的双键都是顺式的。

油脂中的不饱和脂肪酸

俗名	系统名称	结构式	熔点
棕榈油酸	9-十六碳烯酸	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	0.5
油酸	9-十八碳烯酸	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	16.3
亚油酸	9,12-十八碳二烯酸	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CH}\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	-5
亚麻酸	9,12,15-十八碳三烯酸	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	-11.3
桐油酸	9,11,13-十八碳三烯酸	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5(\text{CH}=\text{CH})_3(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	49
蓖麻油酸	12-羟基-9-十八碳烯酸	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5(\text{OH})\underset{\text{H}}{\text{CH}_2}\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	5.5

二、化学成分

4、高级烯酸的命名：

可以用“ Δ ”代表双键，将双键的位置写在“ Δ ” (**delta**)的右上较角，如亚麻酸可以表示为 $\Delta^{9,12,15}$ -十八碳烯酸。

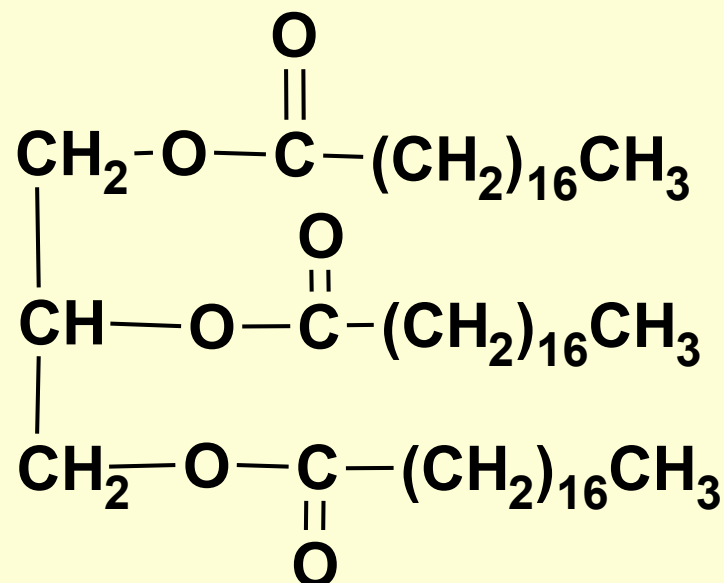
三、油脂的分类：

简单甘油酯：甘油酯分子中所含的三个高级脂肪酸是相同的。

混合甘油酯：甘油酯分子中所含的三个高级脂肪酸是不相同的。

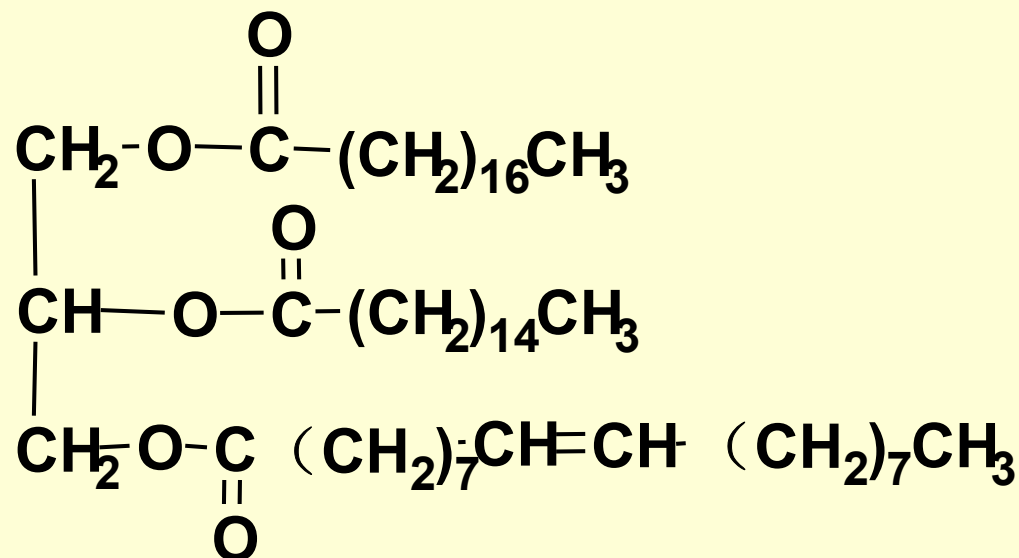
四、油脂的分类和命名

甘油酯的命名与酯相同。如：



三硬脂酸甘油酯

(或甘油三硬脂酸酯)



α -硬脂酸- β -软脂酸- α' -油酸甘油酯

天然油脂是有多种不同脂肪酸形成的混合甘油酯的混合物。

五、油脂的物理性质

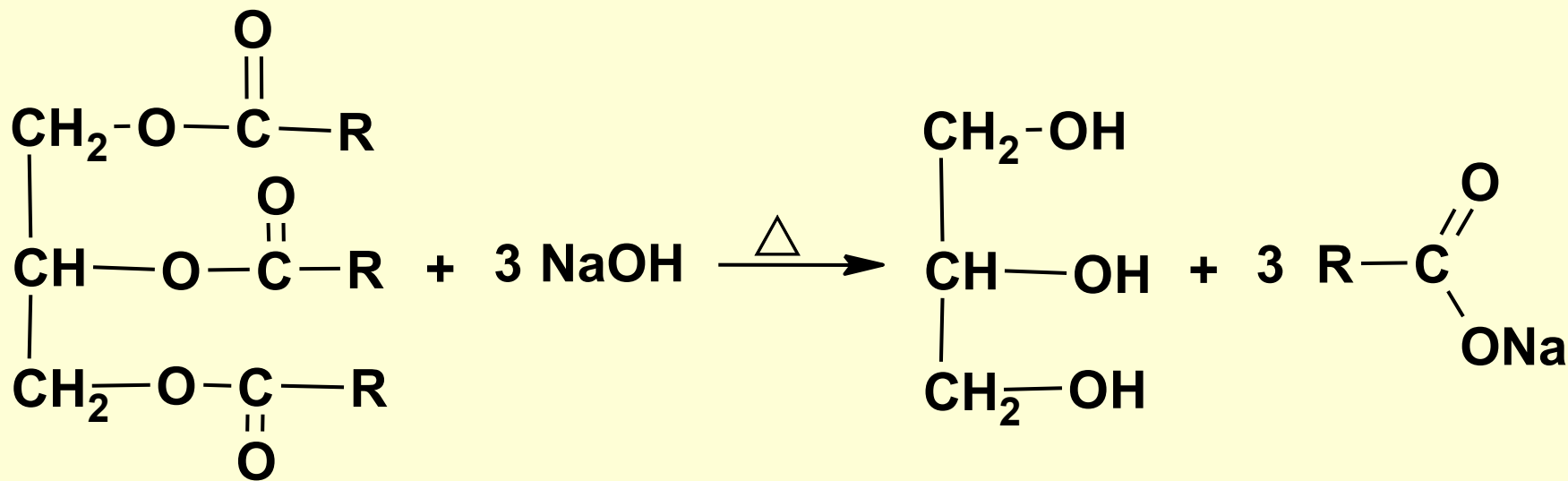
1、含不饱和脂肪酸或碳数较少脂肪酸较高的甘油酯在室温时是液体，（因为不饱和脂肪酸大都是顺式的，其碳链是弯曲的）叫做油；如棉籽油中含不饱和脂肪酸**75%**。

2、室温时呈半固态的叫做脂肪。如牛油。饱和脂肪酸的含量较高，约**60%~70%**。不饱和脂肪酸的含量为**30%~40%**。

3、油脂的相对密度都小于**1**，不溶于水，易溶于乙醚、氯仿、丙酮等；没有恒定的熔点（由于天然油脂都是混合物）。

六、油脂的化学性质

1、皂化： 将油脂用氢氧化钠或氢氧化钾水解，就得到脂肪酸的钠盐（或钾盐）和甘油。高级脂肪酸的钠盐就是肥皂。“皂化”就是由此得名。现用于酯的碱性水解。



使1g油脂完全皂化所需要的氢氧化钠的质量（mg），叫皂化值。皂化值越大，脂肪酸的平均相对分子量越小。

六、油脂的化学性质

2、加成:

含有不饱和脂肪酸的油脂分子中的碳-碳双键可以和氢、碘等进行加成。

(1)氢化：加氢的结果是液态的油脂转化成半固态的油脂，这种氢化叫做油脂的硬化。油脂硬化后，不容易酸败。

(2)加碘：通过一定量的油脂吸收碘的数量，可以判断所含油脂的不饱和程度

将**100g**油脂所能吸收的碘的质量（**g**）叫做“碘值”。碘值大，表示油脂中不饱和酸的含量高。

六、油脂的化学性质

3、干性：

某些油在空气中放置，能行成一层干燥而有韧性的膜，这种现象叫做干化。桐油是最好的干性油。

油干化的化学本质还不十分清楚，一般认为是由氧引起了聚合而行成了韧性的膜。

不具干性的油叫做非干性油。如：花生油、猪油等。

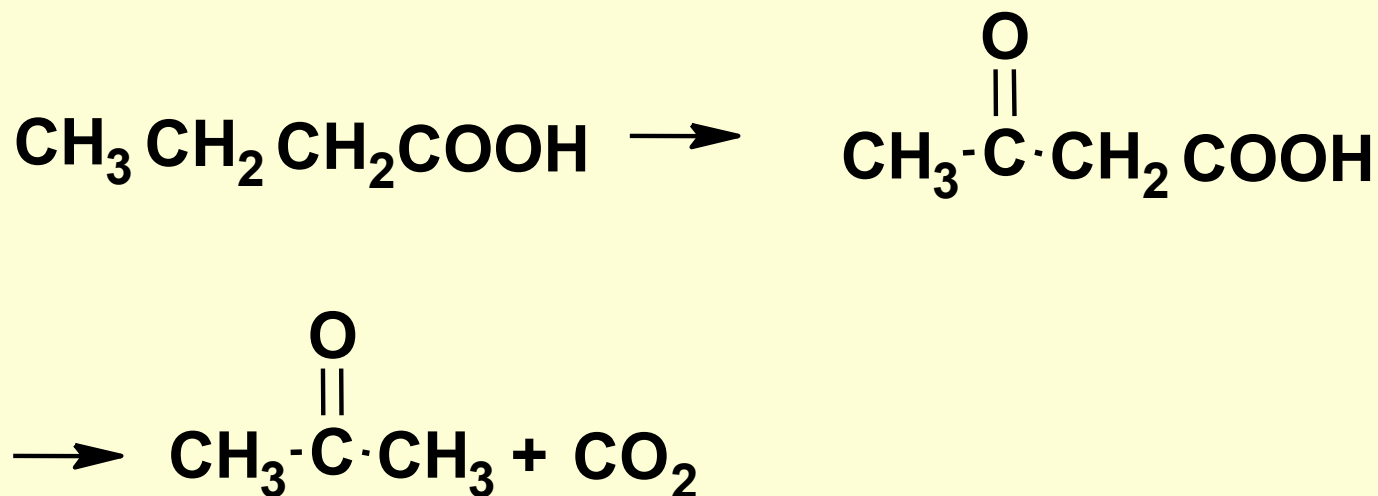
介于干性油与非干性油之间的油叫做半干性油。如：棉籽油。

六、油脂的化学性质

4、酸败：

油脂在空气中放置过久，便会产生难闻的气味，这种变化叫做酸败。

酸败是由空气中氧、水分或霉菌引起的水解、氧化等作用而产生了羧酸、醛、酮等带有不愉快气味的物质。



§ 16.2、肥皂及表面活性剂

一、肥皂的组成：

日常使用的肥皂含有**70%**高级脂肪酸钠，**30%**的水分以及增泡剂松香酸钠等。

高级脂肪酸的钾盐不能凝成硬块，叫做软皂。

二、肥皂的除垢机理：

高级脂肪酸的钠盐分子的一端是 -COO-Na^+ ，是溶于水的亲水基团，它使肥皂具有水溶性；较长的烃基则是不溶于水的非极性的亲油基（或疏水基）。即高级脂肪酸是两亲分子。

二、肥皂的除垢机理

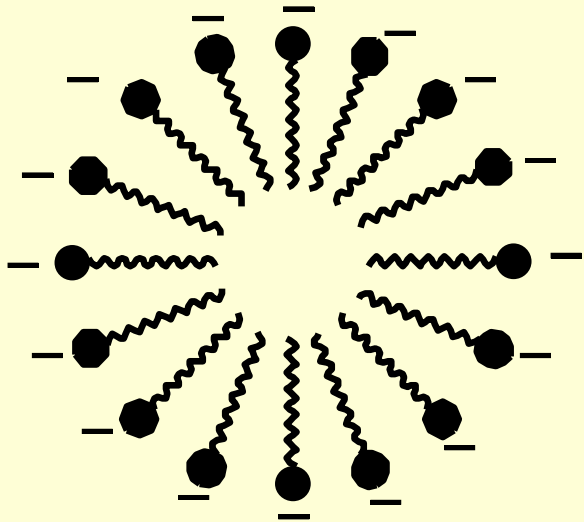
肥皂分子在水中，许多分子的烃基链彼此靠色散力绞在一起，形成一个球形而将 $\text{-COO}\cdot\text{Na}^+$ 部分露在球面，形成外面被亲水基包着的小球，叫**胶束**(见下页图)，分散在水中。如果在肥皂中加入一些油搅动分散后肥皂分子的烃基就溶于油中，而羧基部分留在油珠外面，这样，每一个细小的油珠外面都被许多肥皂的亲水基包围着而悬浮于水中，这种现象叫做**乳化**(见下页图)。

具有乳化作用的物质叫**乳化剂**。是表面活性剂的一种。

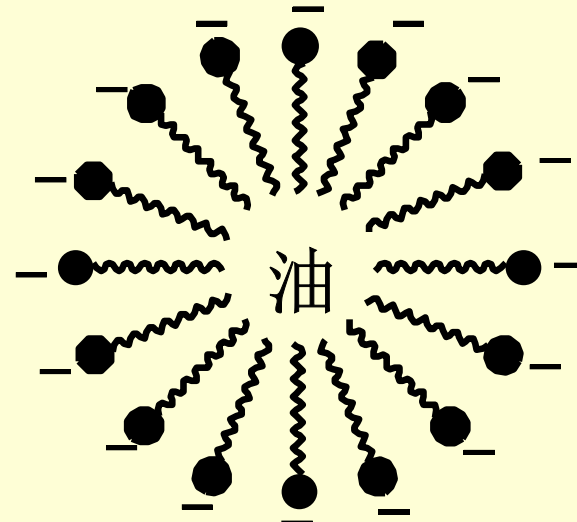
肥皂的去污就是乳化所致。

二、肥皂的除垢机理

肥皂的胶束和乳化示意图



(a) 肥皂胶束



(b) 肥皂的乳化作用

肥皂遇强酸后失去乳化作用；在硬水中会转化成高级脂肪酸的钙盐或镁盐而不能再起乳化作用，因而肥皂不能在酸性溶液和硬水中使用。

三、合成表面活性剂

1、表面活性剂是能降低液体表面张力的物质，必须含有亲水基团和亲油基团。

2、表面活性剂的用途：乳化剂、润湿剂、起泡剂、洗涤剂、分散剂等。

3、表面活性剂的类型：

三种类型：阴离子表面活性剂

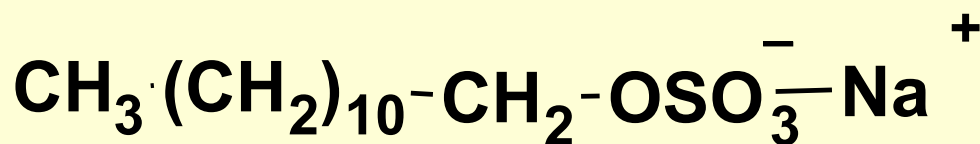
阳离子表面活性剂

非离子型表面活性剂

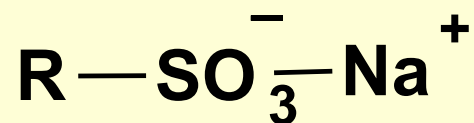
三、合成表面活性剂

3、表面活性剂的类型

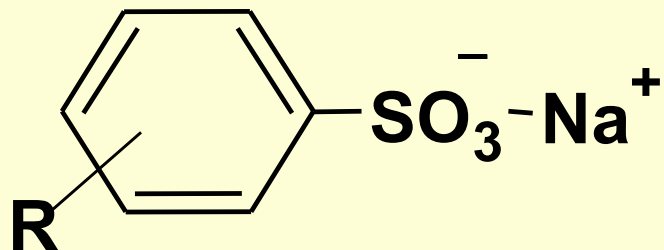
(1) 阴离子型表面活性剂：在水中生成带有亲油基的阴离子。如肥皂，其亲油基**R**含于**RCOO⁻**中。还有日常使用的洗涤剂：烷基磺酸钠、烷基苯磺酸钠、烷基硫酸钠等都属阴离子表面活性剂。



十二烷基硫酸钠



烷基磺酸钠



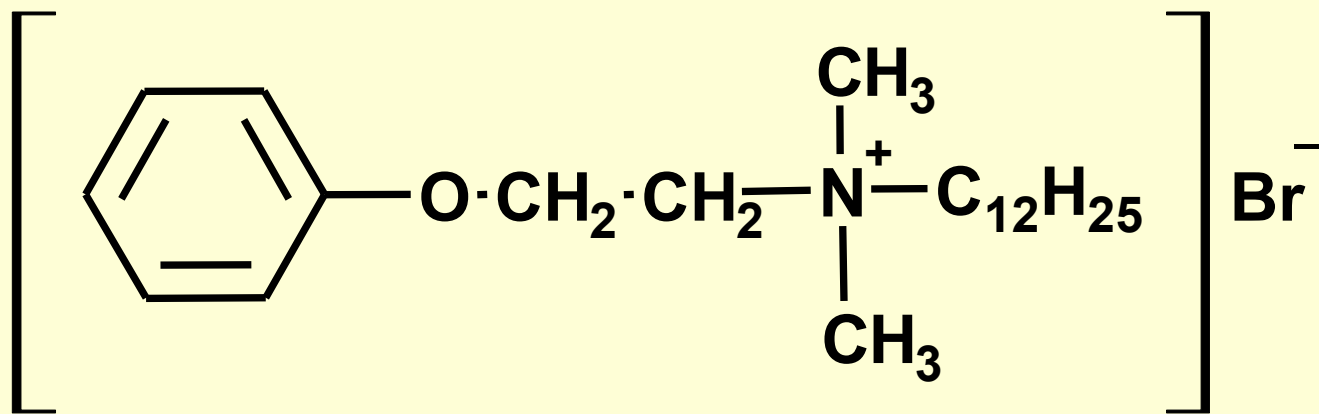
烷基苯磺酸钠

三、合成表面活性剂

3、表面活性剂的类型

(2) 阳离子型表面活性剂:

在水中生成带亲油基的阳离子。属于这一类的主要有季铵盐。

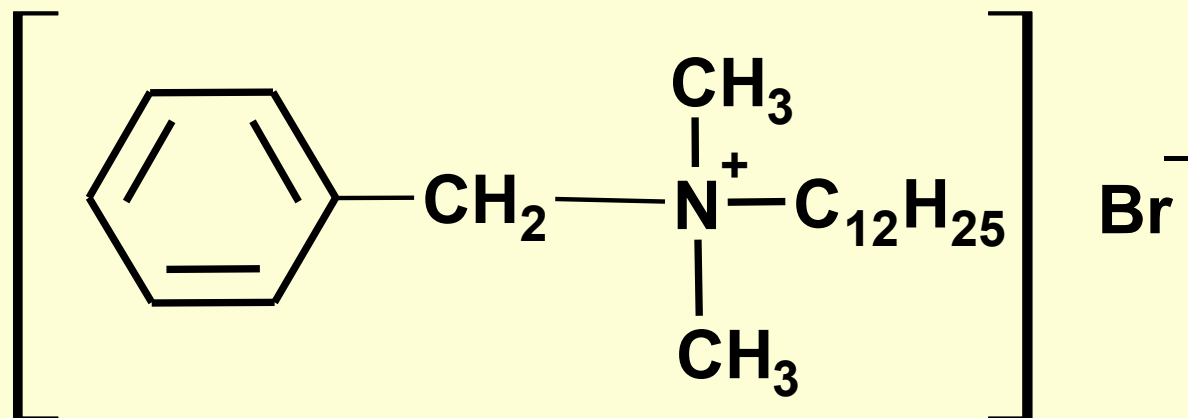


溴化二甲基苯氧乙基十二烷基铵（杜灭芬）

三、合成表面活性剂

3、表面活性剂的类型

(2)阳离子型表面活性剂:



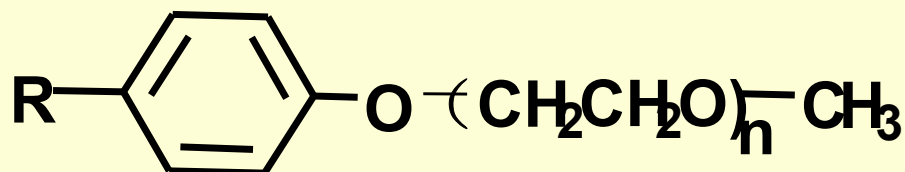
溴化二甲基苄基十二烷基铵（新洁尔灭）

三、合成表面活性剂

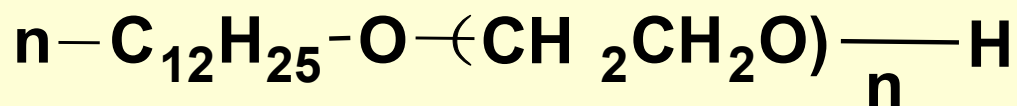
3、表面活性剂的类型

(3)非离子型表面活性剂:

高级醇或烷基酚与多个环氧乙烷的聚合产物烷基聚乙二醇醚或聚氧乙烯烷基酚醚。



聚氧乙烯烷基酚醚 $\text{R}=\text{C}_8\sim\text{C}_{10}$ 烷基



烷基聚乙二醇醚

$n=6\sim 12$

这一类表面活性剂在水中不形成离子。是粘稠液体，与水极易混溶，可作洗涤剂、乳化剂、润湿剂等。

§ 16-3 蜡

一、定义：蜡是由含有偶数碳原子的高级脂肪酸和高级饱和一元醇（大都在十六碳以上，常见的酸是软脂酸和二十六碳酸；常见的醇是十六醇、二十六醇及三十醇）所形成的酯的混合物。

二、蜡的性质：蜡和石蜡的物态、物性相近，蜡是固体，溶于有机溶剂，化学性质较稳定，在空气中久置不易变质，难于皂化。

三、蜡的来源：分动物蜡和植物蜡。

§ 16-3 蜡

四、几种重要的蜡

名称	主要组成	熔点/°C	用途
白蜡	$\text{C}_{25}\text{H}_{51}\text{COOC}_{30}\text{H}_{61}$	80~85	生产蜡烛
蜂蜡	$\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOC}_{30}\text{H}_{61}$	62~65	生产鞋油、润滑剂等
鲸蜡	$\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOC}_{16}\text{H}_{33}$	42~45	药膏、化妆品软化剂
巴西棕榈蜡	$\text{C}_{25}\text{H}_{51}\text{COOC}_{30}\text{H}_{61}$	83~86	汽车和地板蜡

§ 16-4 磷 脂

一、定义：磷脂是一类含磷的物质。广泛存在于动物的脑、肝、蛋黄、植物的种子以及微生物中。

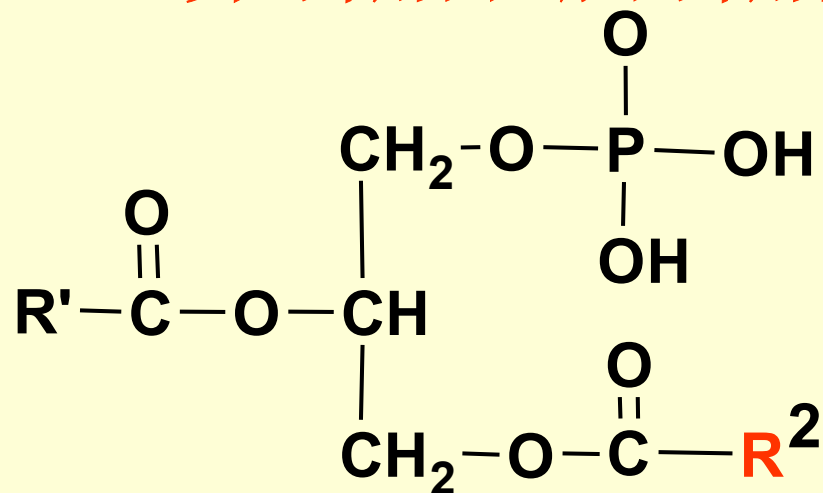
二、磷脂的类型：有卵磷脂、脑磷脂、神经鞘磷脂等。

三、磷脂的结构：

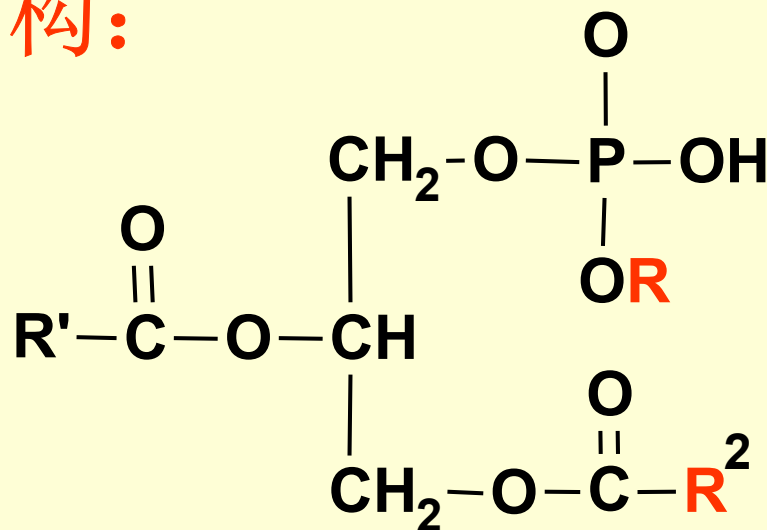
1、卵磷脂和脑磷脂的结构：都是磷脂酸。即甘油分子中的三个羟基有两个与高级脂肪酸形成酯，另一个与磷酸形成酯。见下页结构式：

三、磷脂的结构：

1、卵磷脂和脑磷脂的结构：

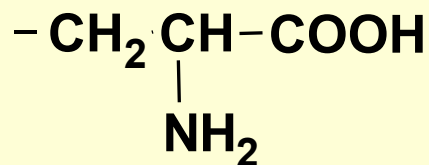
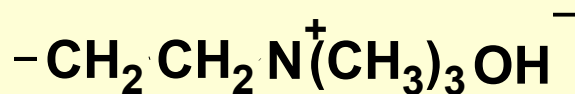
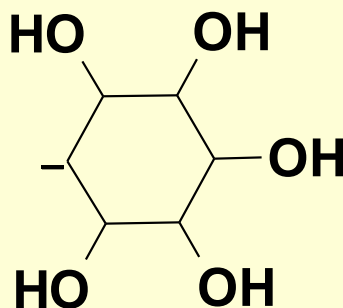
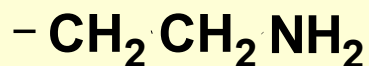


磷脂酸（卵磷脂和脑磷脂的母体结构）



磷脂

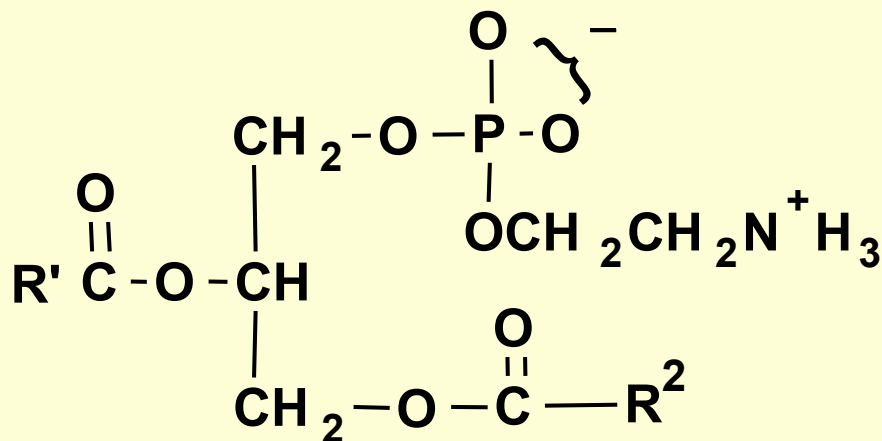
R=



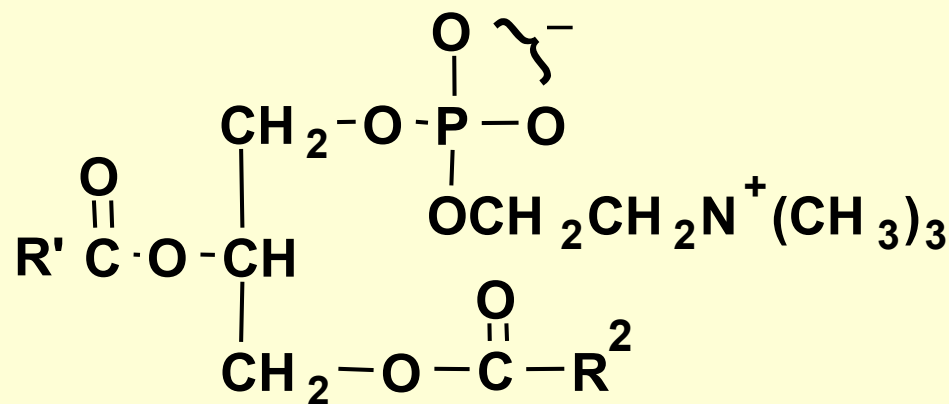
三、磷脂的结构:

1、卵磷脂和脑磷脂的结构:

磷脂分子中磷酸部分有一个可离解的氢，**R**中又多带碱性基团，所以磷脂以偶极离子存在。

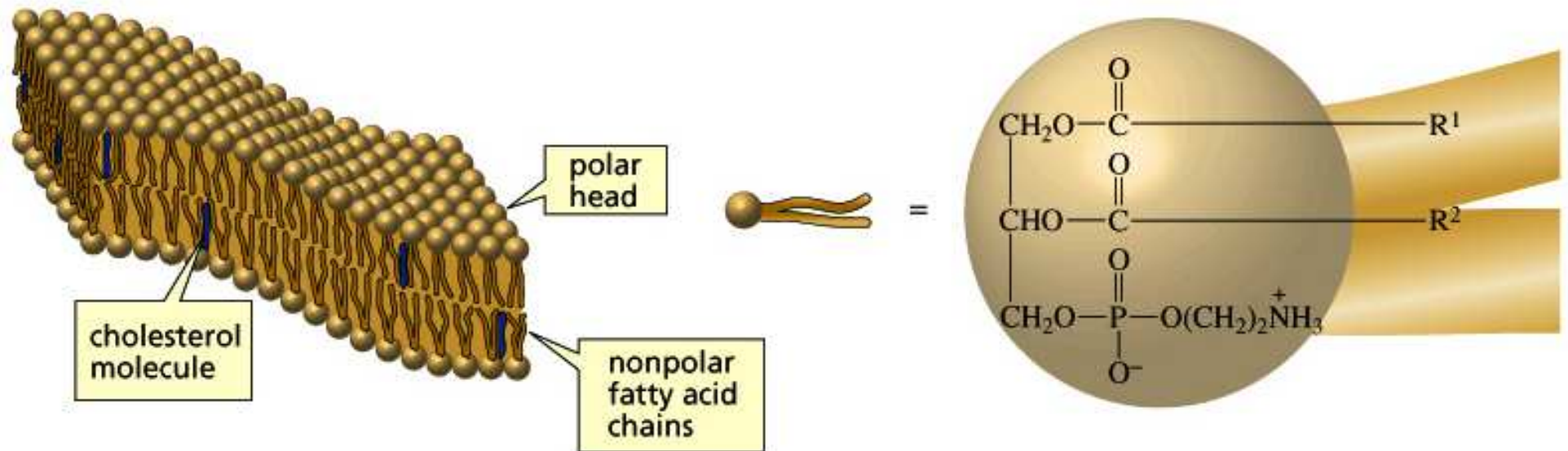


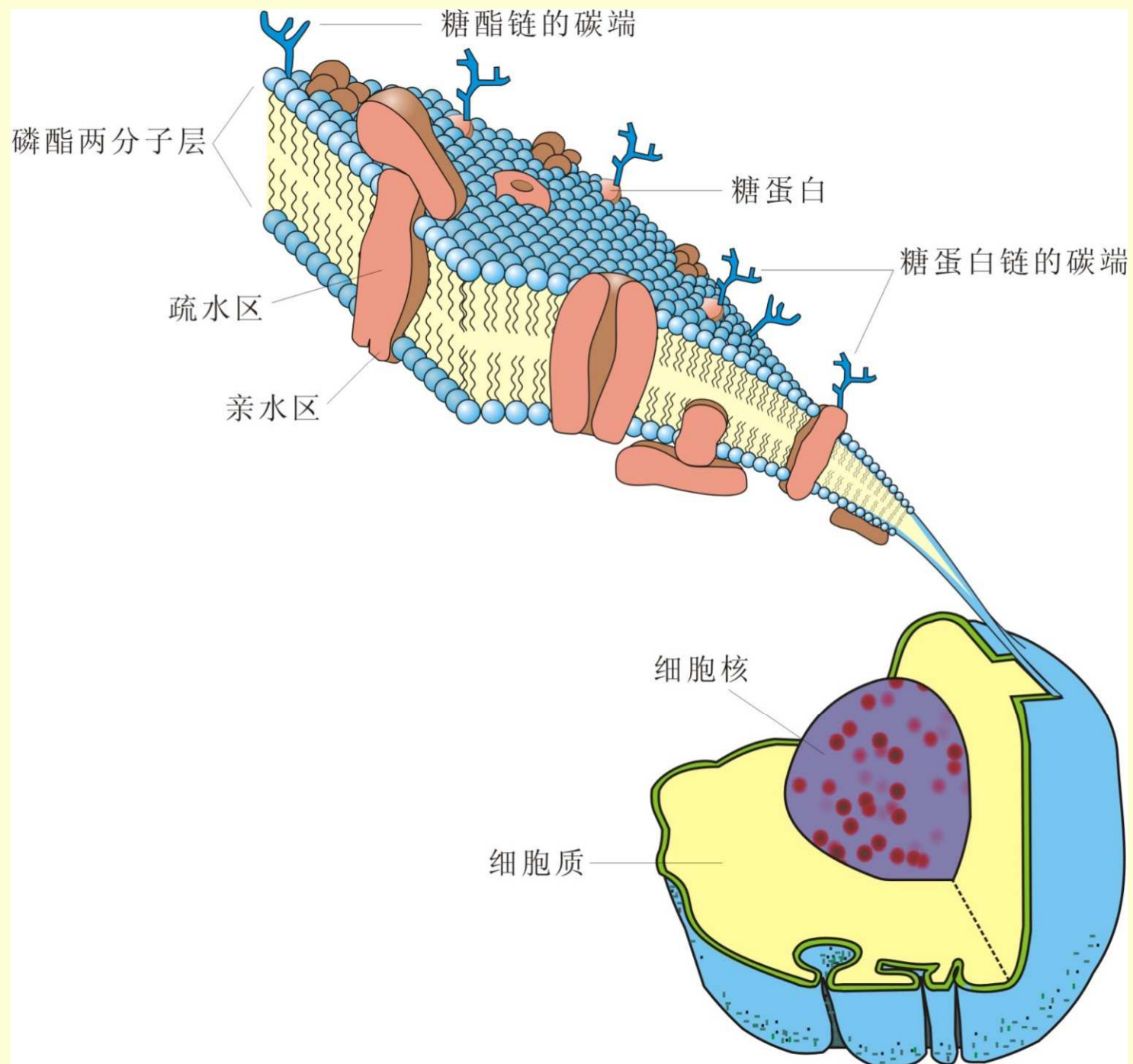
脑磷脂



卵磷脂

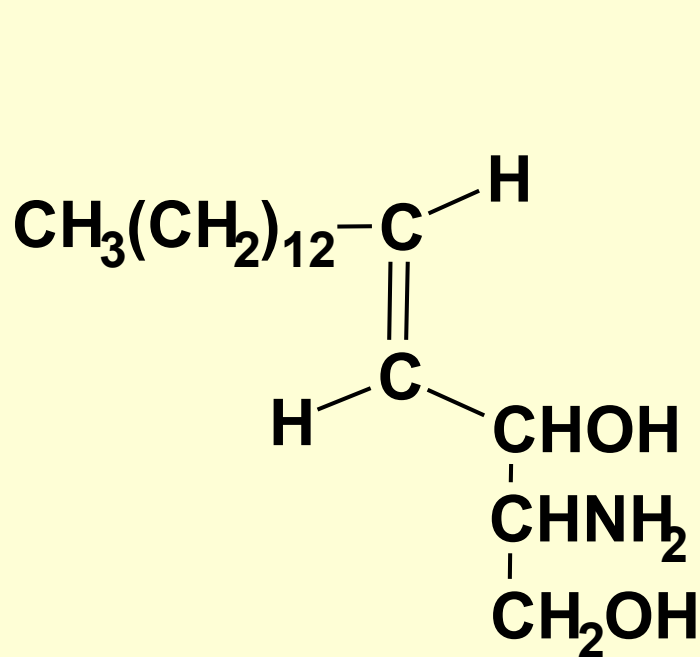
磷脂结构的共同特点是分子中同时具有亲油基与亲水基。使磷脂类化合物在细胞膜中起着重要的生理作用。



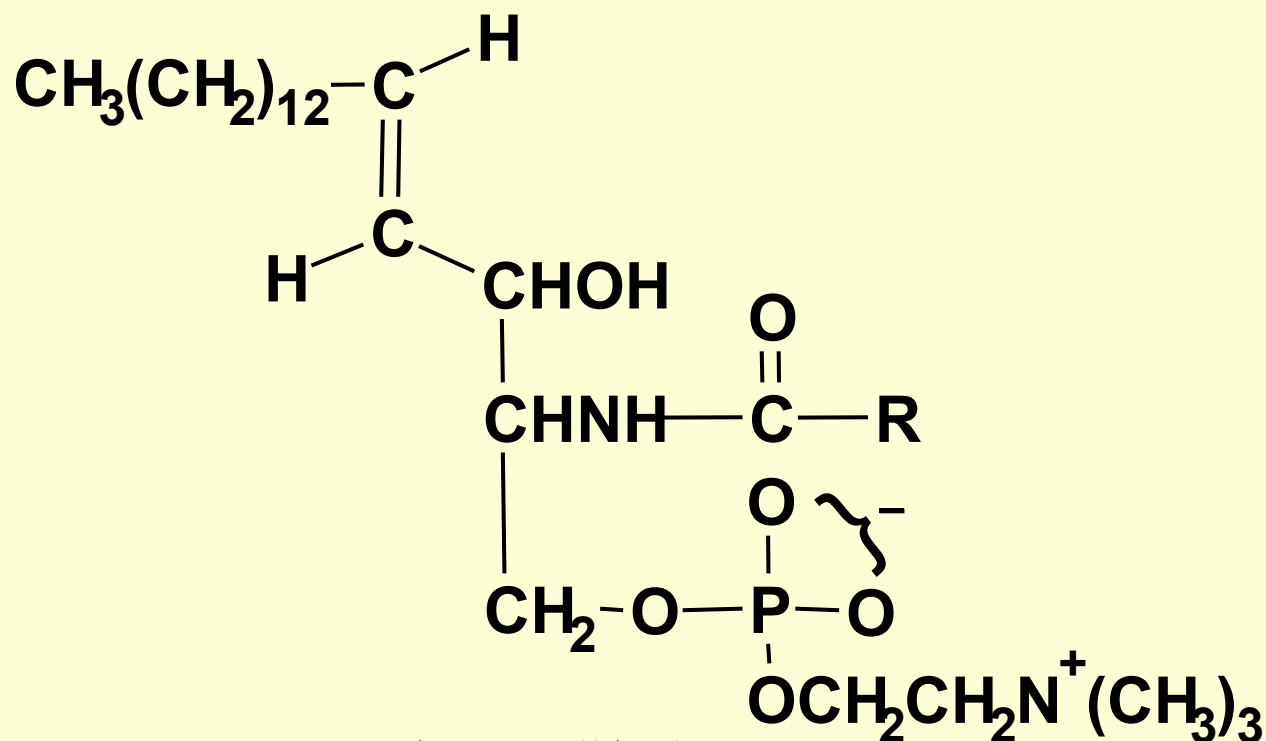


三、磷脂的结构：

2、神经鞘脂类的结构： 是神经鞘氨醇的衍生物。如：



(神经) 鞘氨醇



(神经) 鞘磷脂

神经磷脂是白色蜡状物质，极易吸水。各种动物组织、脏器中都含有相当多的神经磷脂，且神经磷脂有控制动物机体代谢，防止脂肪肝形成的作用。

§ 16-5 萜类化合物

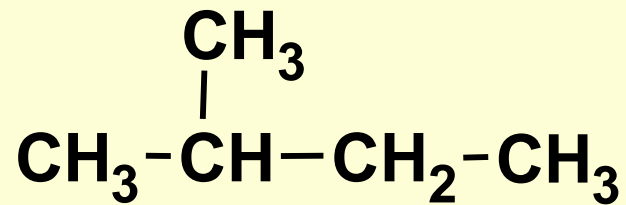
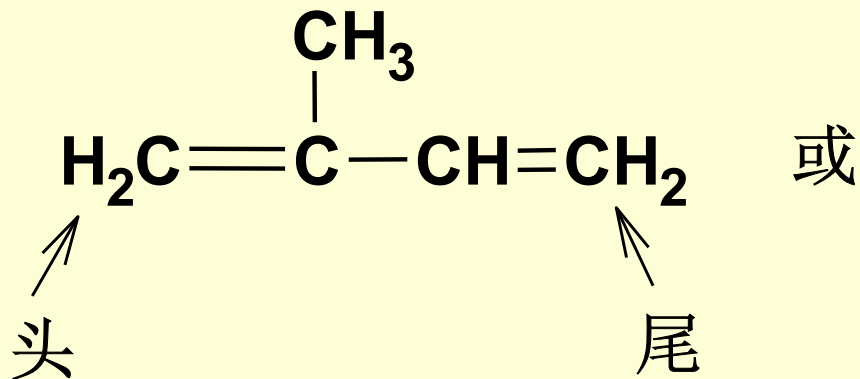
萜类化合物广泛存在于动植物界。萜类化合物种类非常多，是一类复杂的混合物。其中包括开链的、环状的，含有饱和程度不同的双键的烃类化合物，以及这些烃类化合物的含氧衍生物，如醇、醛、酮及酸等。

一、萜类化合物的结构：

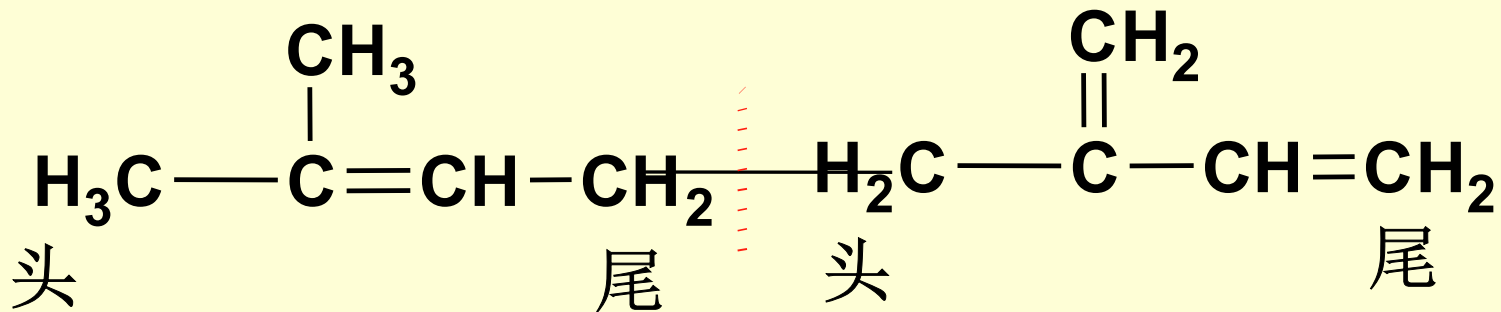
萜类化合物的碳骨架在绝大多数情况下都是由两个或两个以上的异戊二烯或异戊烷基单元头尾联结而成的。

一、萜类化合物的结构

1、异戊二烯和异戊烷的结构

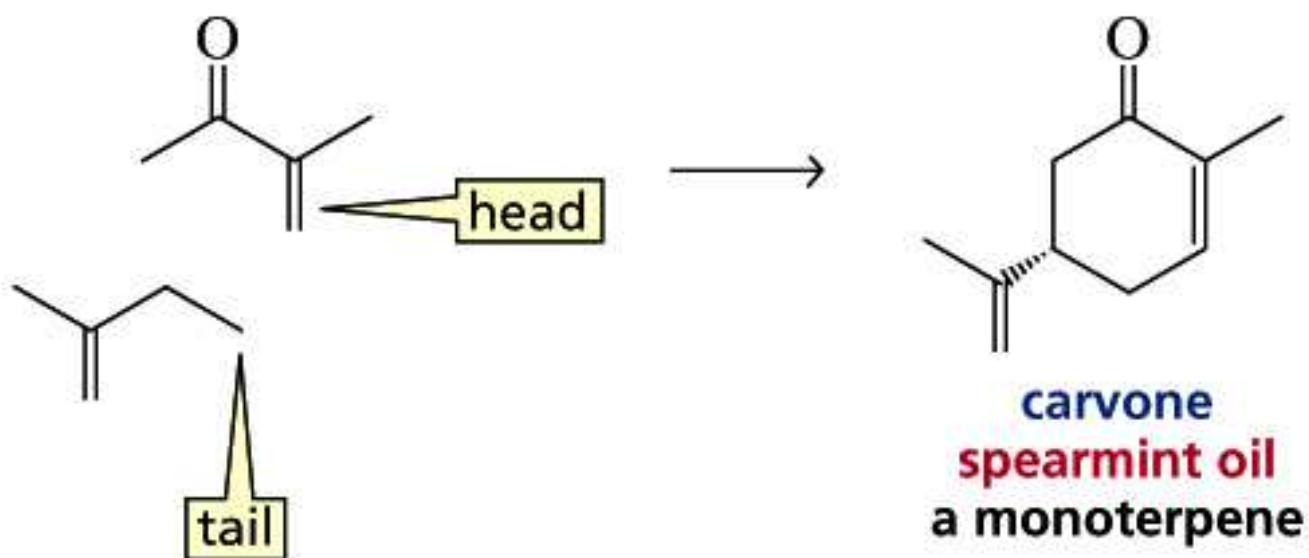
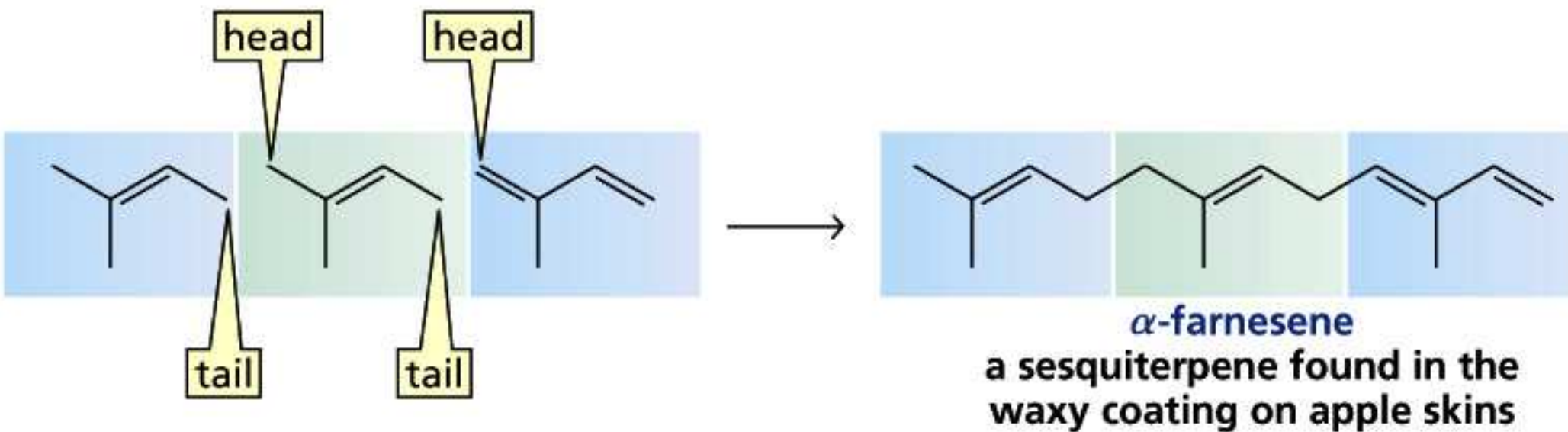


2、头尾连接举例：



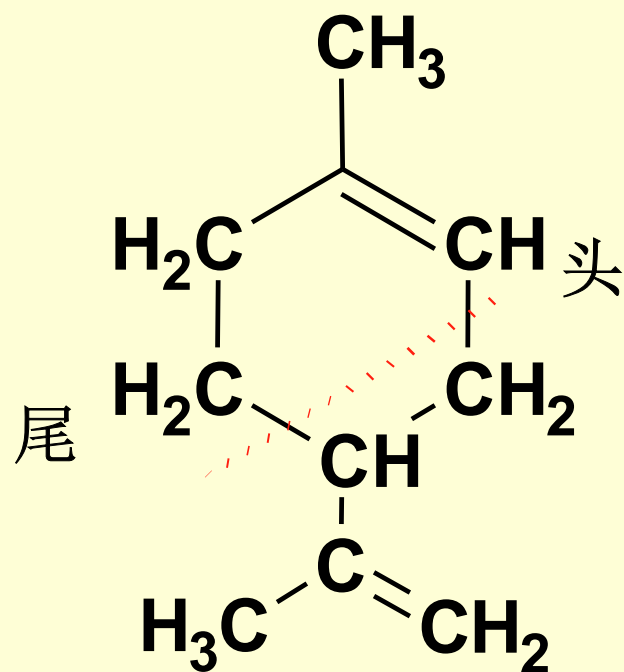
月桂烯

异戊二烯规律

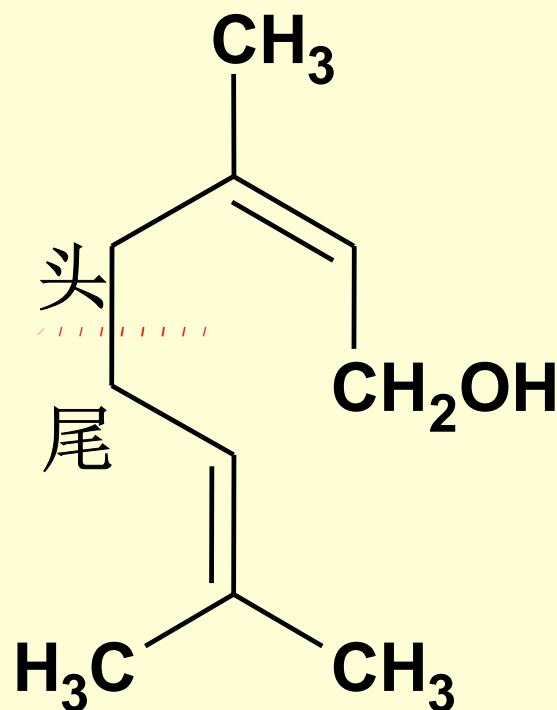


一、萜类化合物的结构

2、头尾连接举例：



柠檬烯



橙花油醇

3、把萜烯化合物的骨架划分为若干个异戊二烯单元称为“异戊二烯规律”。

二、萜类化合物的分类

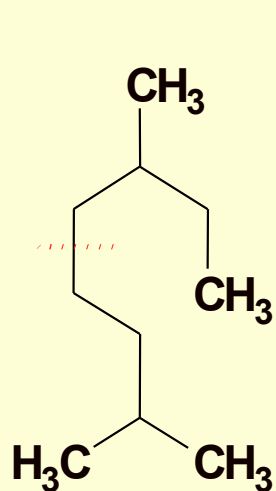
萜类化合物的分类是以分子中所含异戊二烯单元数划分的。一个单独的萜烯单位至少含有二个异戊二烯单元。

异戊二烯单元	碳原子数	分类
2	10	单萜
3	15	倍半萜
4	20	二萜
6	30	三萜
8	40	四萜
> 8	> 40	多萜

三、萜类化合物举例

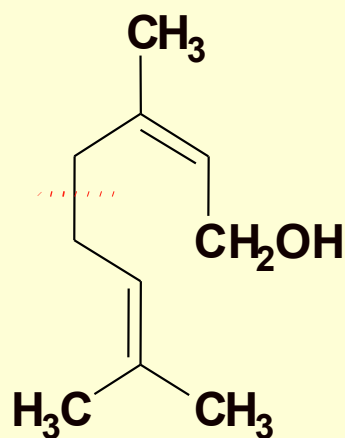
1、单萜：根据他们的碳架分成开链萜、单环萜和双环萜三类。

(1)开链萜：具有如下的碳架



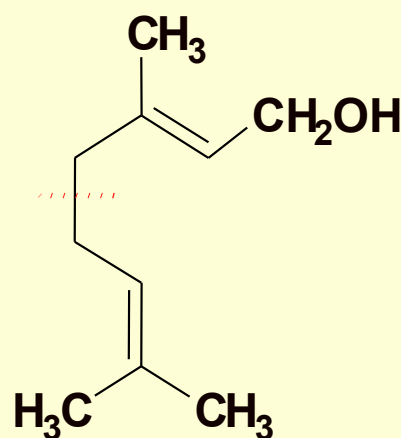
开链萜

碳架结构



橙花醇

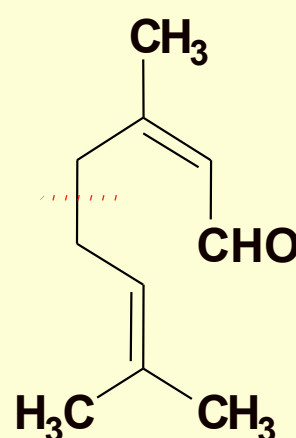
bp: 226~227°C



香叶醇

(牻牛儿醇)

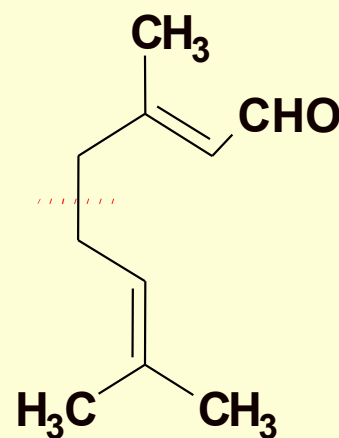
bp:230°C



α-柠檬醛

(牻牛醛或香叶醛)

bp:228°C



β-柠檬醛

(橙花醛)

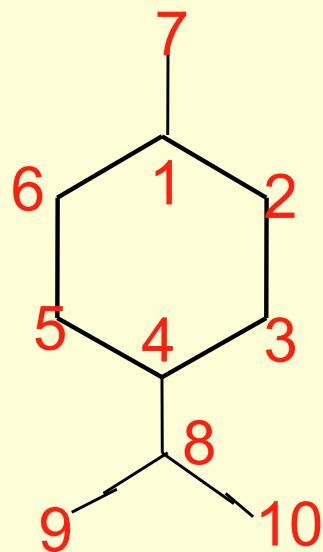
bp:103°C/1596pa

橙花醇和香叶醇互为异构，无色液体，用于配制香精。**αβ**柠檬醛互为异构体，用于配制柠檬香精。

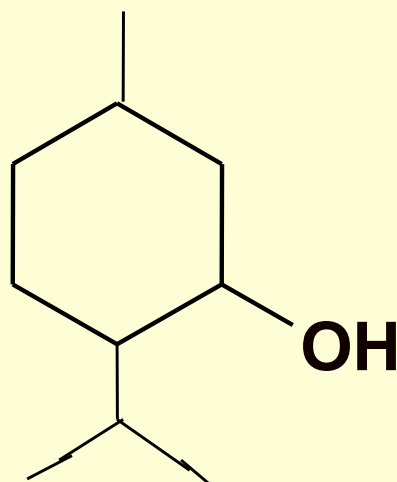
三、萜类化合物举例

1、单萜：

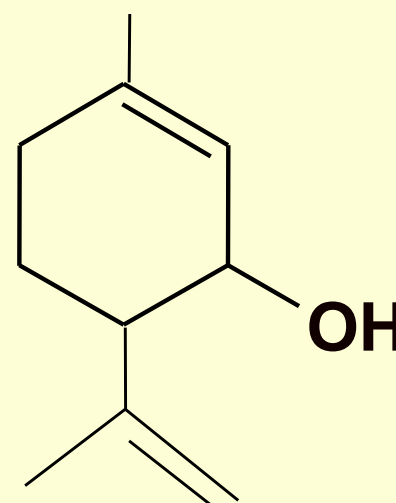
(2) 单环萜：这一类化合物中都含有一个六元碳环。



对 烷



薄荷醇（3-萜醇）
mp:43°C,bp:213.5°C



苧烯（柠檬烯）
1,8-萜二烯

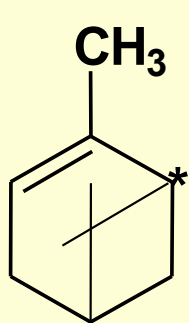
薄荷醇俗名薄荷脑，存在于薄荷的茎和叶中。薄荷醇分子中有三个手性碳，四对外消旋体。自然界存在的是左旋体。苧烯含一个手性碳原子，有一对对映体。用作香料、溶剂、或合成橡胶的原料。

三、萜类化合物举例

(3) 二环萜（或双环萜）：

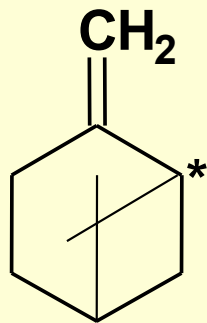
双环萜的骨架是由一个六元环分别和三元环、四元环或五元环共用两个或两个以上碳原子构成的，这类化合物属于桥环化合物。

自然界存在较多也叫重要的双萜是蒎烷合蒎烷的衍生物。如：



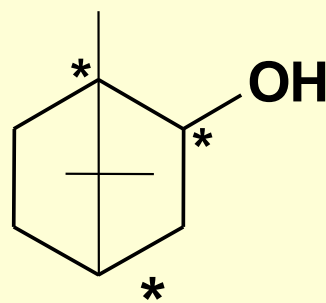
α -蒎烯

bp:156°C



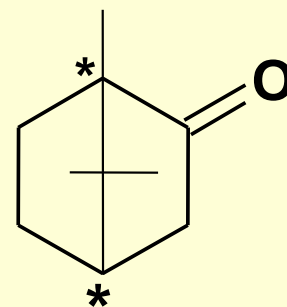
β -蒎烯

bp:164°C



蒎醇（2-蒎醇）

mp:208°C,bp:212°C



樟脑（蒎酮）

mp:179°C,bp:209°C

三、萜类化合物举例

(3) 二环萜（或双环萜）：

α -蒎烯 β -蒎烯共存于松节油中。 α -蒎烯为松节油的主要成分（可达**80%**），也是自然界存在最多的一个萜烯化合物。蒎烯是不溶于水的油状化合物。可用作漆、蜡等的溶剂。

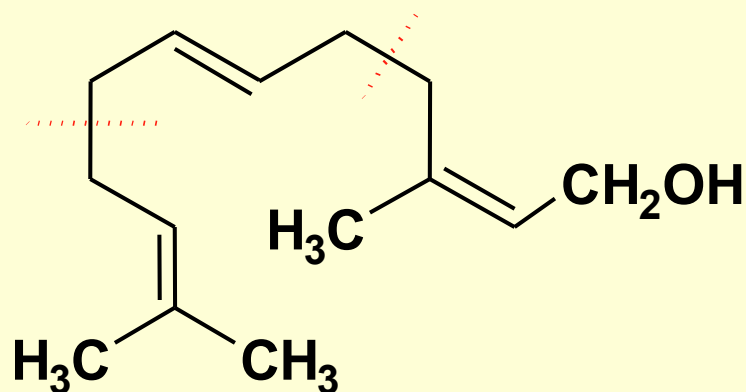
薄荷醇又名冰片或龙脑，存在于多种植物精油中，为无色片状结晶，有清凉气味，难溶于水。用于医药、化妆品工业及配制香精。

薄荷醇氧化得桉酮。桉酮俗称樟脑。存在于樟树中。可用于衣物的防蛀剂。也可用于医药和火药。

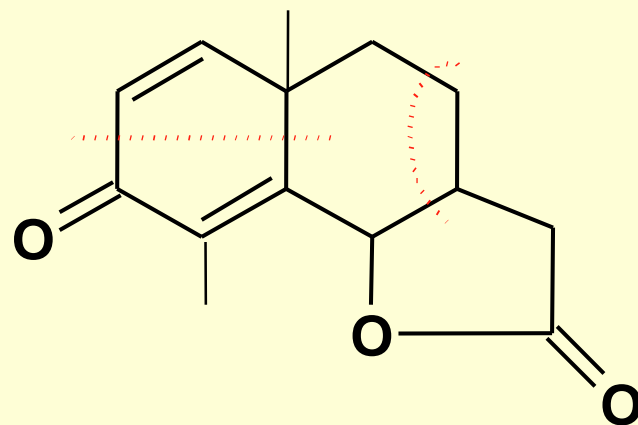
三、萜类化合物举例

2、倍半萜： 倍半萜是三个异戊二烯单位的聚合体。

如：



法尼醇



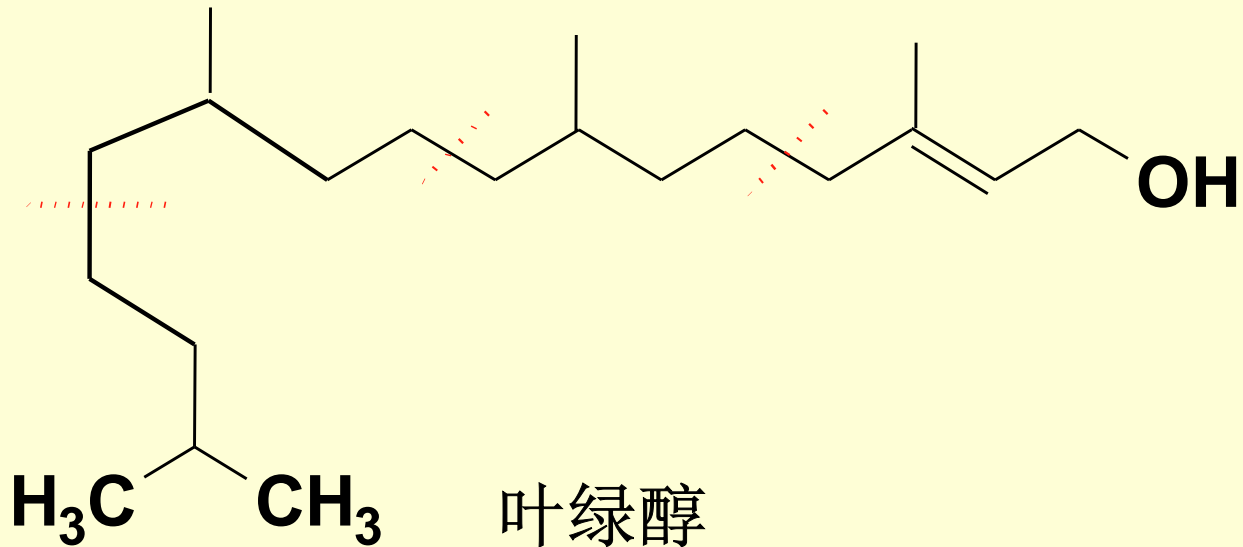
山道年

法尼醇也叫金合欢醇，为无色粘稠液体，沸点 **125°C/66.5Pa**,有铃兰香味，存在于玫瑰油、茉莉油等中，含量低，是一种珍贵的香料。

山道年是由山道年花蕾中提取的无色结晶，熔点 **170 °C**，不溶于水，易溶于有机溶剂。医药上用作驱蛔虫剂。

三、萜类化合物举例

3、二萜：二萜是四个异戊二烯单位的聚合体。广泛分布于动植物界。如：

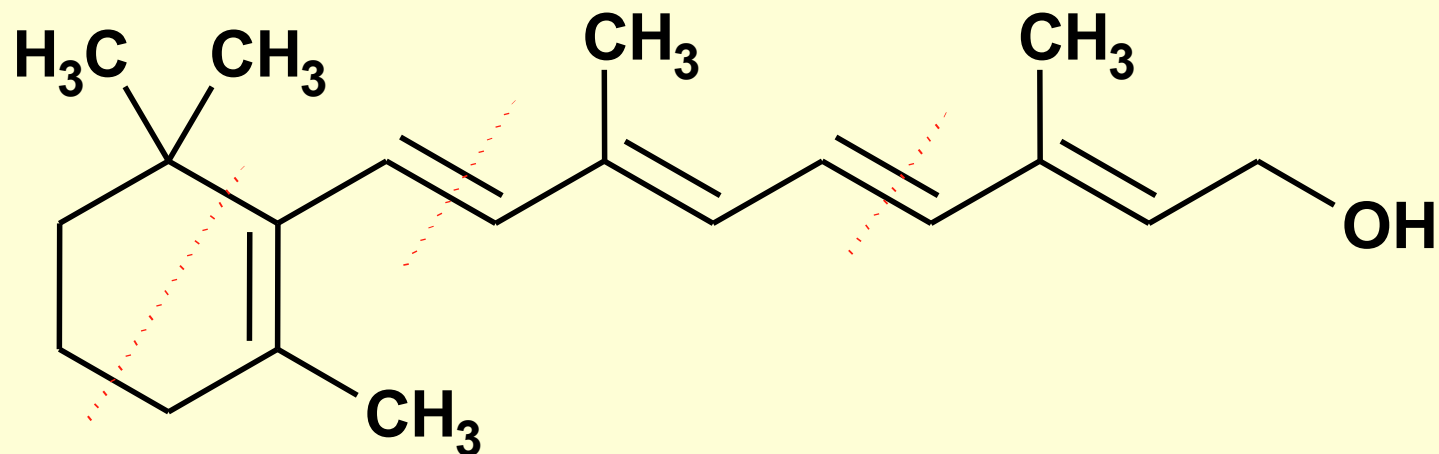


叶绿醇是叶绿素的一个组成部分。用碱水解叶绿素可得叶绿醇。叶绿醇是合成维生素K₁及维生素E的原料。



三、萜类化合物举例

3、二萜：维生素A



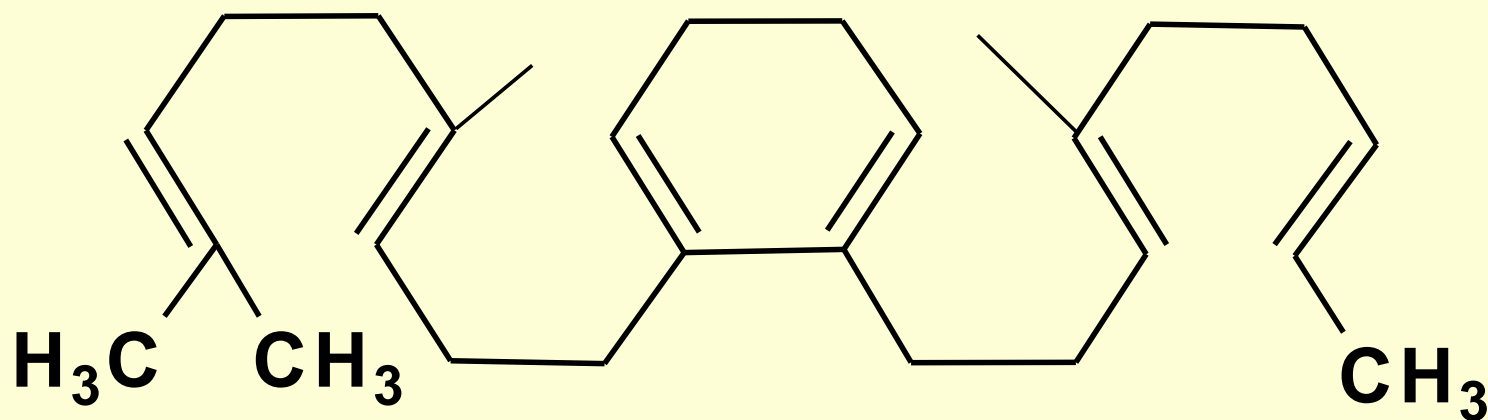
维生素A (Vitamin A)

维生素A有A₁和A₂两种，它们是生理作用相同结构相似的物质，叫做同功物。A₂的生理作用只有A₁的40%，通常将A₁叫做维生素A。存在于奶油、蛋黄、鱼肝油中。是淡黄色结晶。是哺乳动物正常生长和发育所必须的物质。体内缺乏则引起夜盲征。

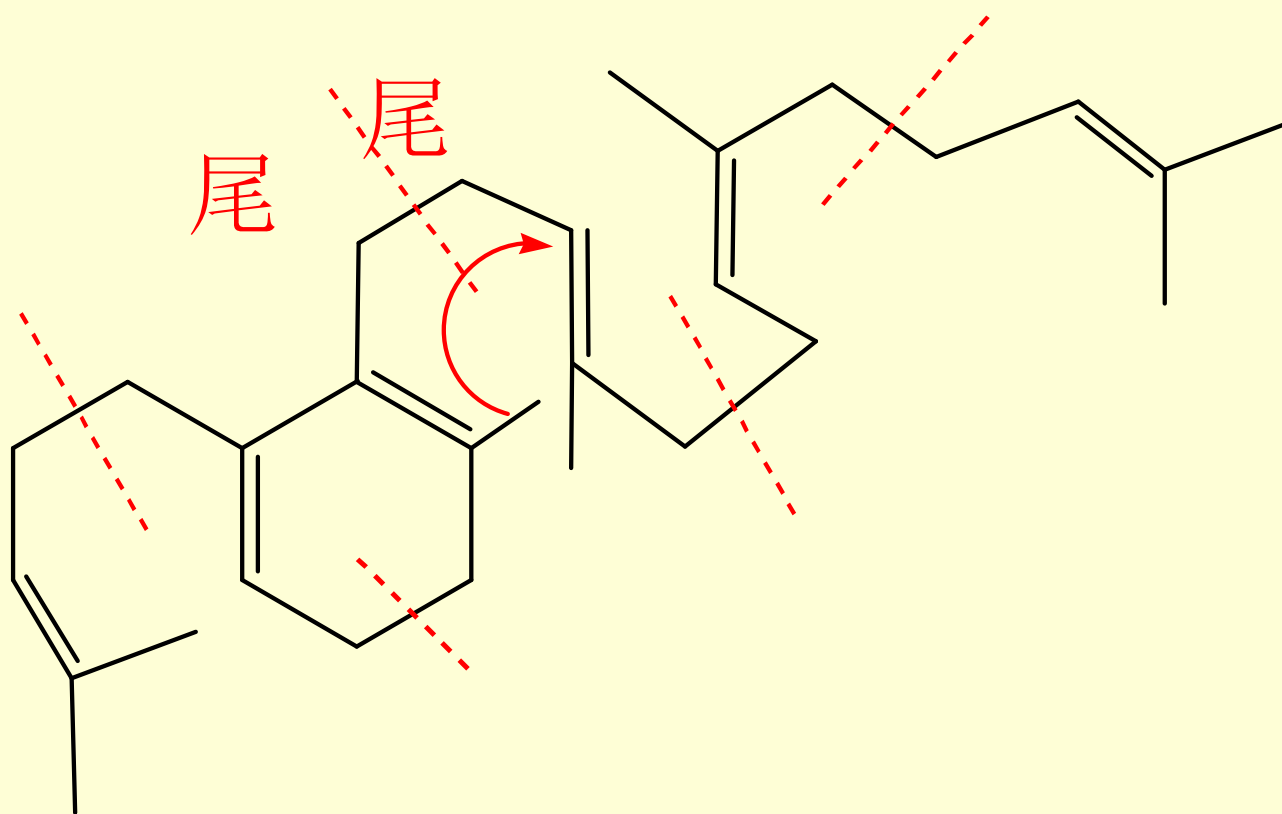
三、萜类化合物举例

4、三萜

角鲨烯是很重要的三萜，大量存在于鲨鱼的肝中，也存在于酵母、麦蚜、橄榄油中，是不溶于水的油状液体。角鲨烯的结构特点是中心对称，分子中心的两个异戊二烯单位是以尾一尾相连的。

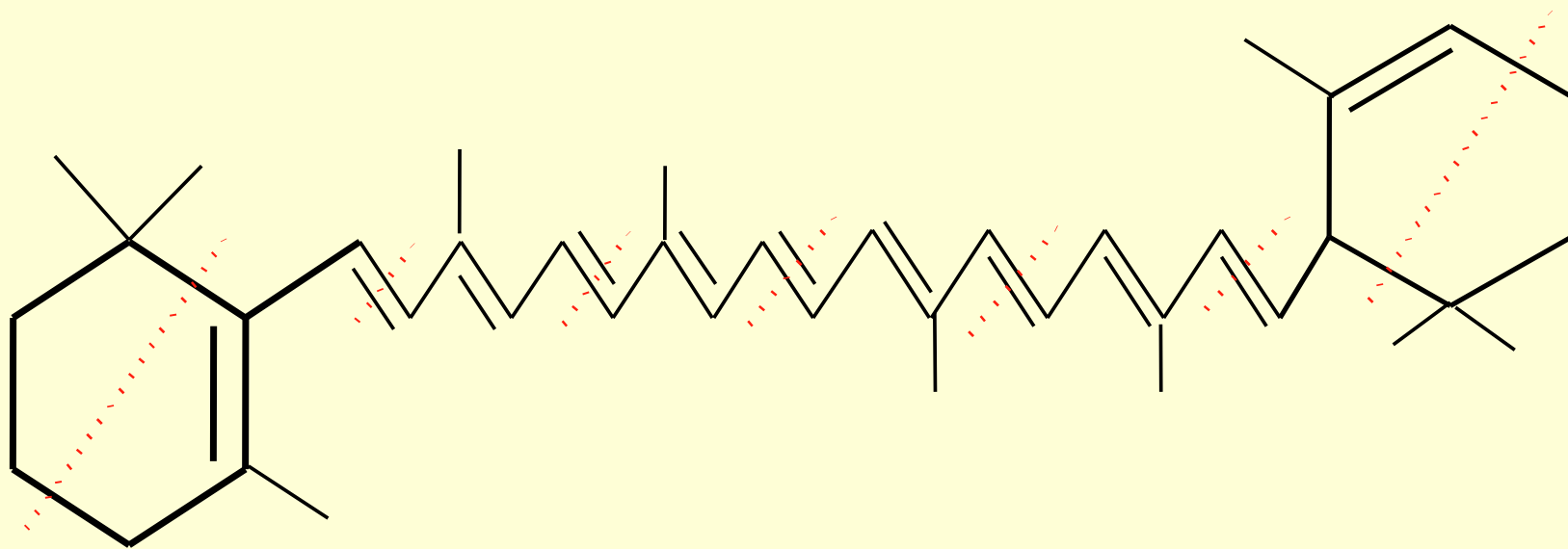


角鲨烯



三、萜类化合物举例

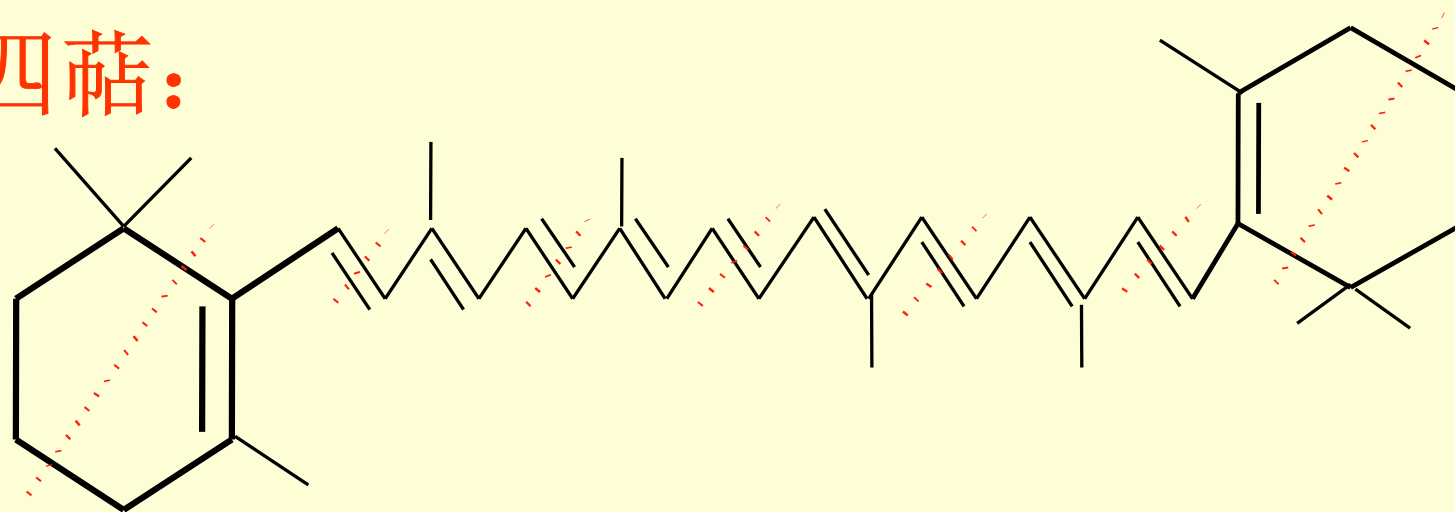
5、四萜：四萜类化合物分子是含有较长碳—碳双键的共轭体系，所以他们都有颜色，多带有黄至红的颜色，因此也叫作多烯色素。如：



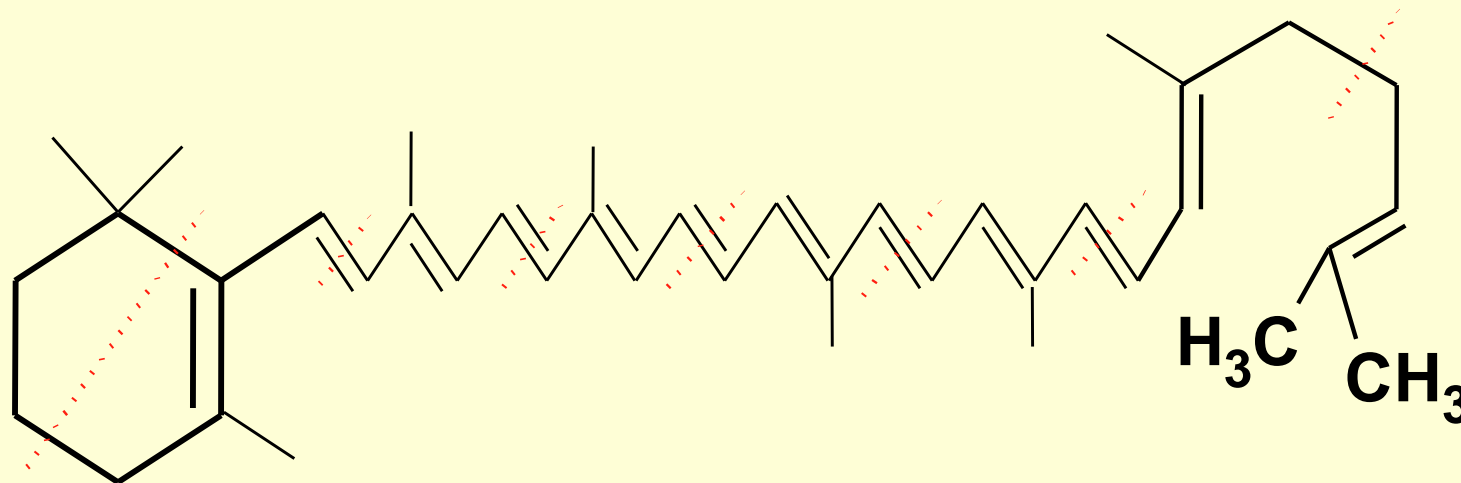
α -胡萝卜素 熔点188°C

三、萜类化合物举例

5、四萜：



β -胡萝卜素 熔点184°C



γ -胡萝卜素 熔点178°C

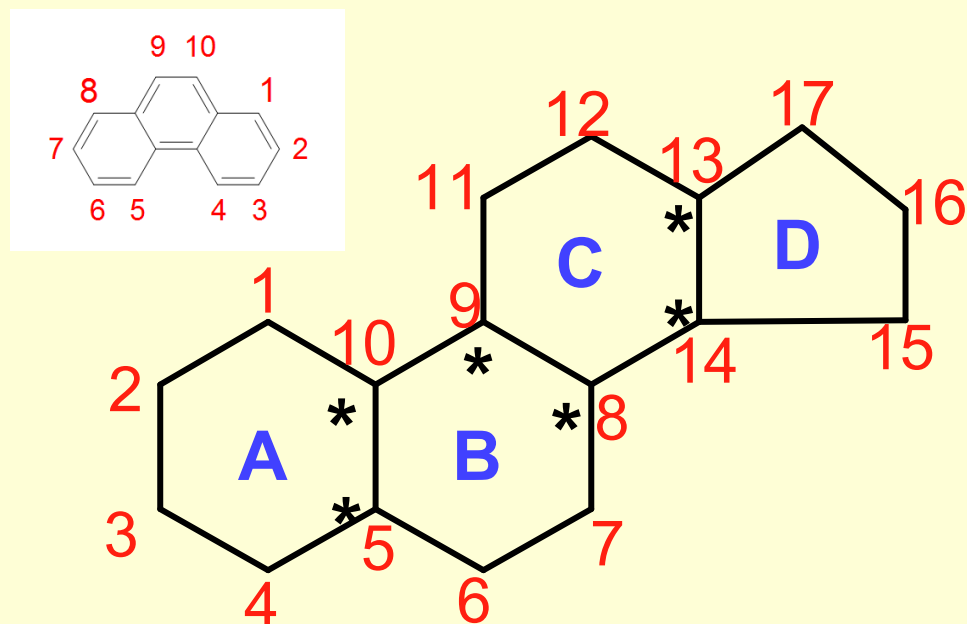
16.6 甾体化合物

- 甾体化合物也叫作类固醇化合物，是广泛存在于动植物界的一类很重要的天然产物。甾体化合物很多都具有生理活性，对人体的生理活动有着重要的影响。例如胆甾醇在人体内过量会引起胆结石和动脉硬化等症。此外如胆汁酸、维生素D、各种激素及肾上腺皮质激素等都属于甾体化合物。它们在人体内虽然不多，但都起着重要的生理作用，体内数量过多或过少都会引起生理机能失调，引起各种疾病，甚至危机生命。

16.6 甾体化合物

16.6.1 甾体化合物的基本结构:

- 这一类化合物的结构特点是，含有一个由环戊烷与氢化菲并联的骨架，环上的碳原子按如下顺序编号。

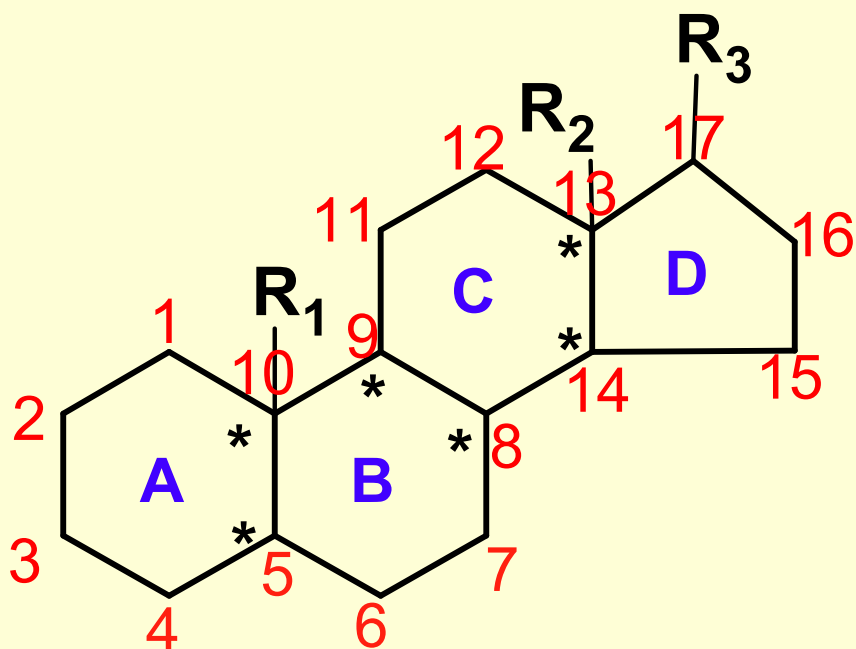


环戊烷并氢化菲（甾烷）

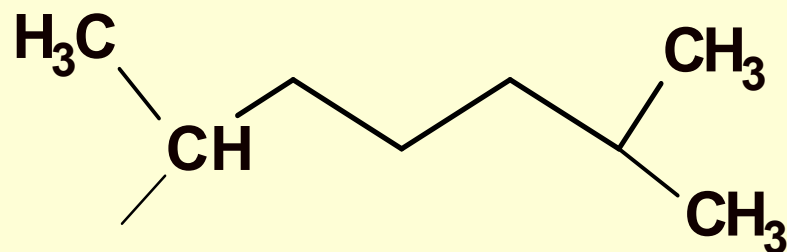
这类化合物在 C_{10} 和 C_{13} 处都有一个甲基，叫做角甲基，在 C_{17} 上连有一些不同取代基。甾字的“田”字表示四个环，三个<表示 C_{10} 、 C_{13} 、 C_{17} 上三个取代基。

16.6.1 甾体化合物的一般结构

- 甾体化合物一般是在环戊烷与氢化菲并联的骨架上连有三个取代基：



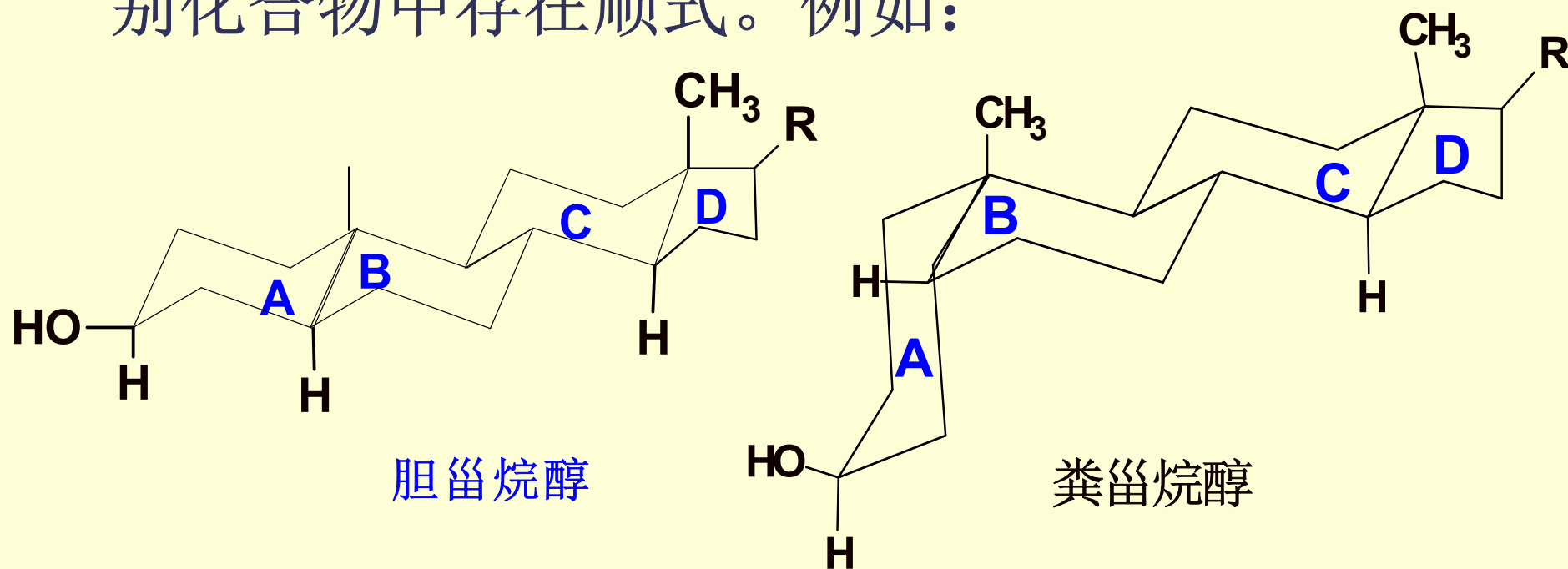
R₁, R₂是甲基;
R₃为:



甾体化合物的一般结构式

16.6.2 甾体化合物的构象

- 甾体化合物的立体化学是十分复杂的。甾体化合物包括三个环联结 (**A/B, B/C, C/D**)。自然界中的甾类化合物大多采取反式环连接。只有个别化合物中存在顺式。例如:



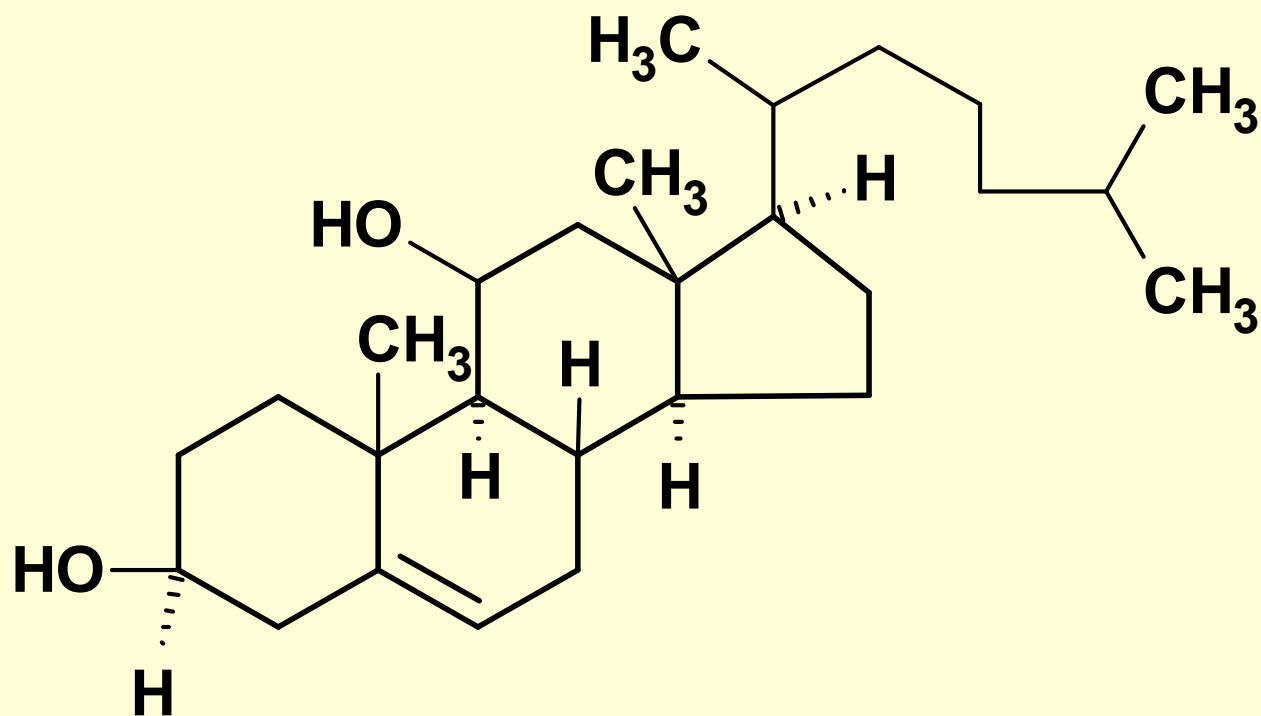
两者的构型差异就在A/B环的连接方式不同，前者为反式连接，后者为顺式连接。

16.6.2 甾体化合物的构象

- 甾体化合物分子中有多个不对称碳原子，如胆甾醇就有八个不对称碳原子，那么就应该有 $2^8=256$ 个旋光异构体。但实际上自然界只有一种胆甾醇，这是因为自然界中存在的甾体化合物中，环**B/C**和**C/B**的连接方式总是反式，只**A/B**环有两种方式的连接；并且甾类化合物的分子具有刚性，不具有构象转换的性质，这些原因都限制了异构体的生成。因而虽然甾体化合物分子中有多个不对称碳原子，可并不具有相应的光学异构体。但甾类化合物是旋光活性的。

16.6.3 甾体化合物举例

1. 胆固醇（胆甾醇）



是最早发现的一个甾体化合物，存在于动物的血液、脂肪、脑髓以及神经组织中。熔点**148.5°C**，微溶于水，易溶于有机溶剂。胆结石几乎完全是由胆固醇组成的。



- **1964年**，诺贝尔生理学或医学奖授予了德国的**Konrad Bloch (1912—2000)** 和 **Feodor Lynen (1911—1979)**，由于他们发现了胆固醇和脂肪酸的代谢机制及其调节。

- 胆固醇的功能：

- 多种固醇类物质的合成前体，如：维生素**D**、胆酸、甾体激素等。

- 血液中脂类物质之一，构成细胞生物膜的基本成分。

- 胆固醇含量过高，会导致：

- 动脉硬化

- 胆石症

- 胆固醇广泛分布人体全身，人体内胆固醇的总量大约为每公斤体重**2g**左右





D.霍奇金(英国女化学家)

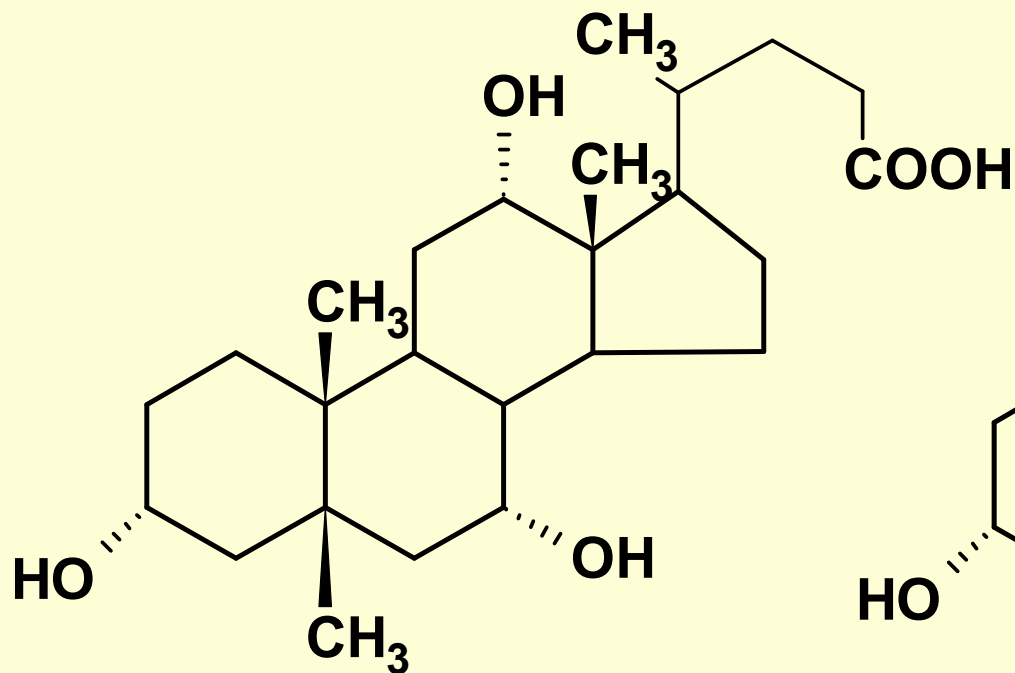
霍奇金1933至1956年用X射线衍射法测定了胆固醇、维生素B12、青霉素等生物化学物质的分子结构。于1964年获得诺贝尔化学奖。



光学显微镜下的胆固醇结晶

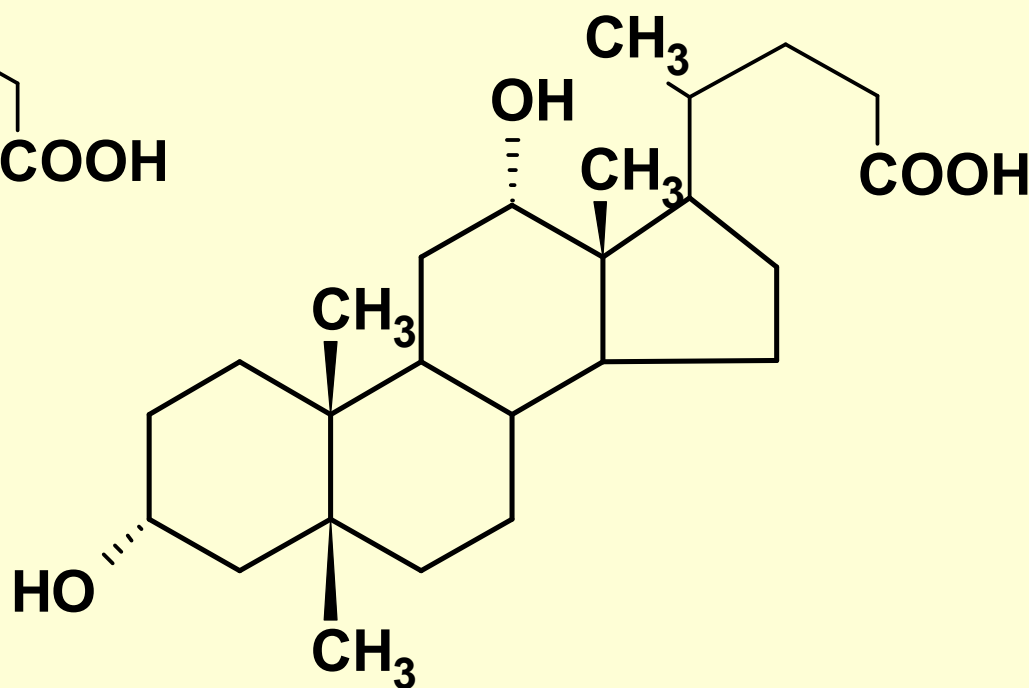
16.6.3 甾体化合物举例

- 2.胆汁酸：从动物的胆汁中分离出的几种有机酸称之为胆汁酸。其中主要成分是胆酸。胆酸和去氧胆酸存在于胆道中。



胆酸

mp:195°C, $[\alpha]_D +37^\circ$

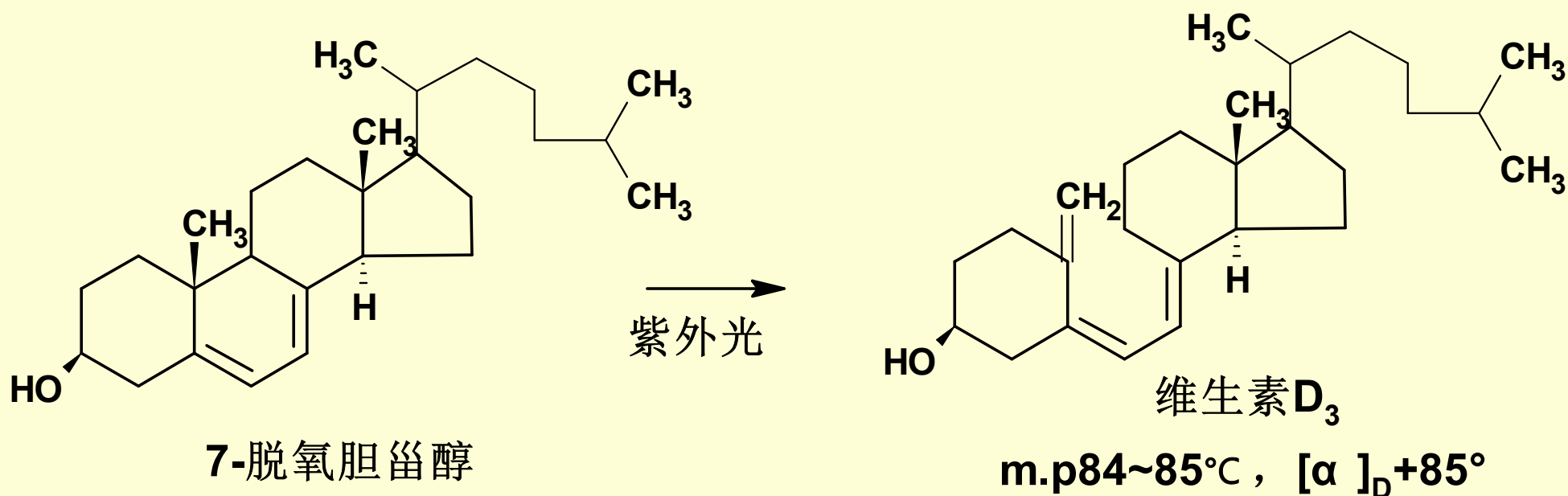


去氧胆酸

m.p:172°C, $[\alpha]_D +53^\circ$

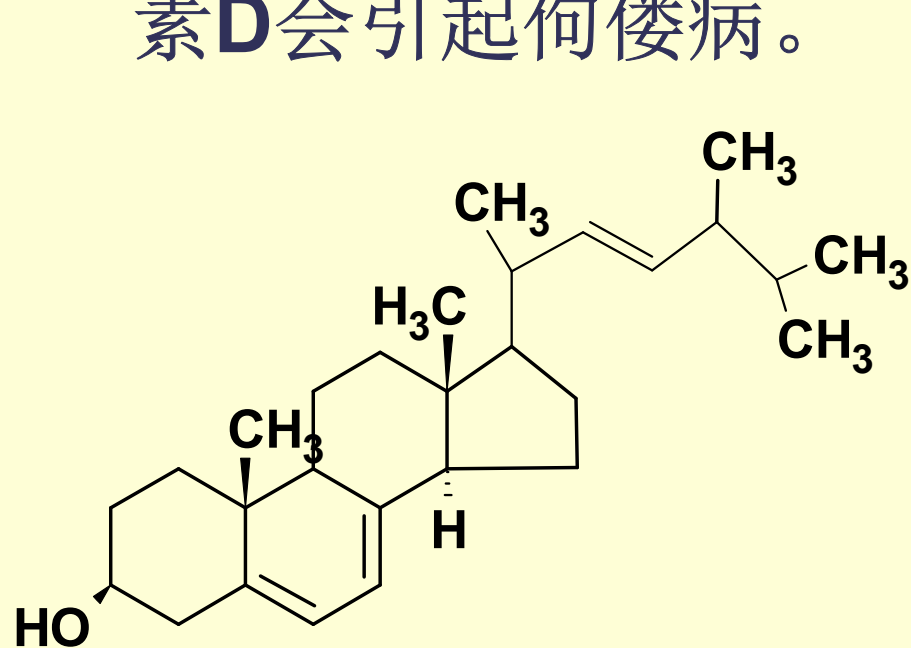
16.6.3 甾体化合物举例

- **3. 维生素D:** 维生素D不是甾体化合物，但它可以由某些甾体化合物生成。例如：在人体皮肤中含有**7-脱氢胆固醇**，在紫外线照射下，发生**B环的开环反应**，生成共轭三烯-维生素D₃。



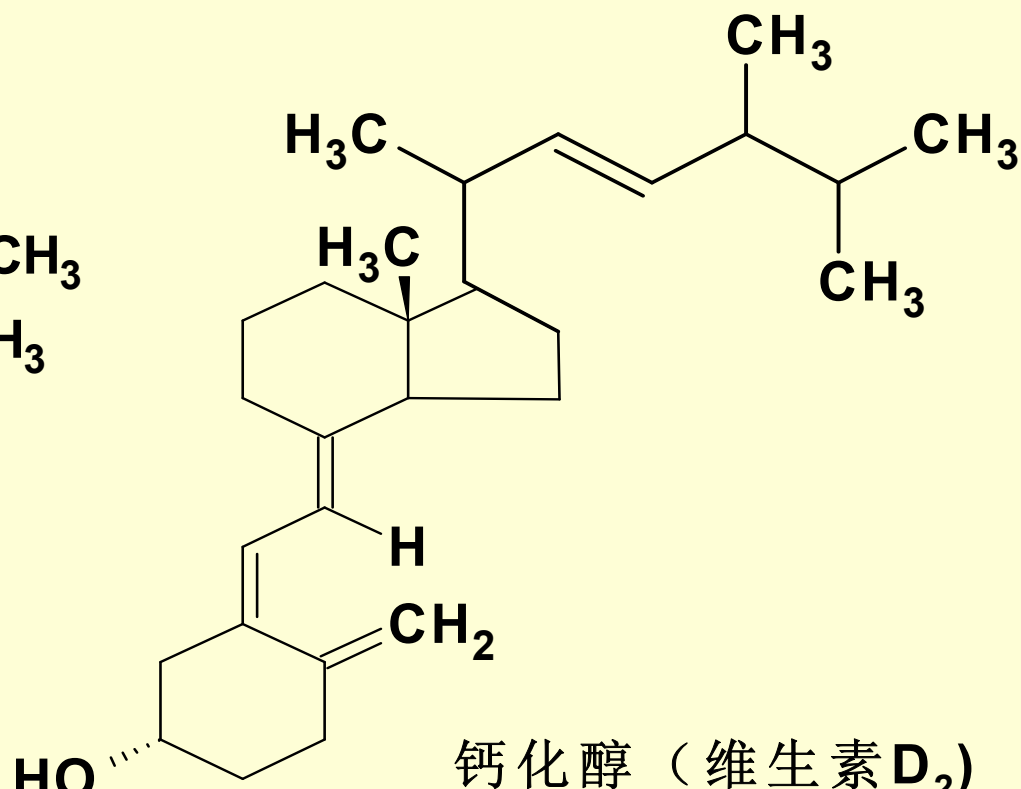
16.6.3 甾体化合物举例

- 麦角甾醇在紫外光作用下也发生B环开环反应生成前钙化醇，前钙化醇在热作用下生成钙化醇（维生素D₂）。维生素D₂和维生素D₃在结构上稍有不同。具有相同的生理作用。缺乏维生素D会引起佝偻病。



麦角甾醇

m.p 165°C, $[\alpha]_D -135^\circ$



钙化醇（维生素D₂）

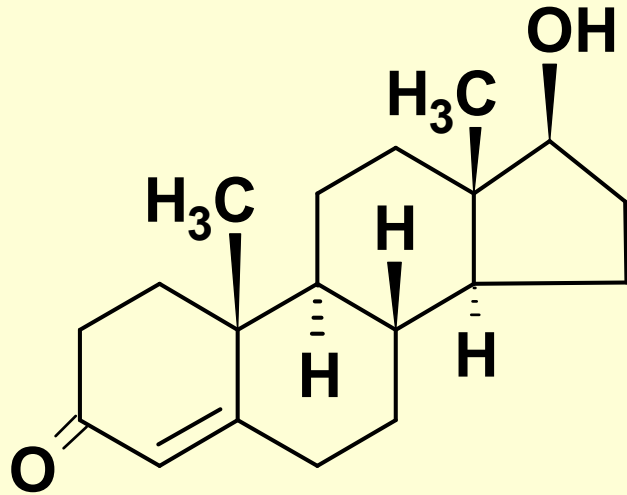
m.p 115~117°C, $[\alpha]_D +130^\circ$

16.6.3 甾体化合物举例

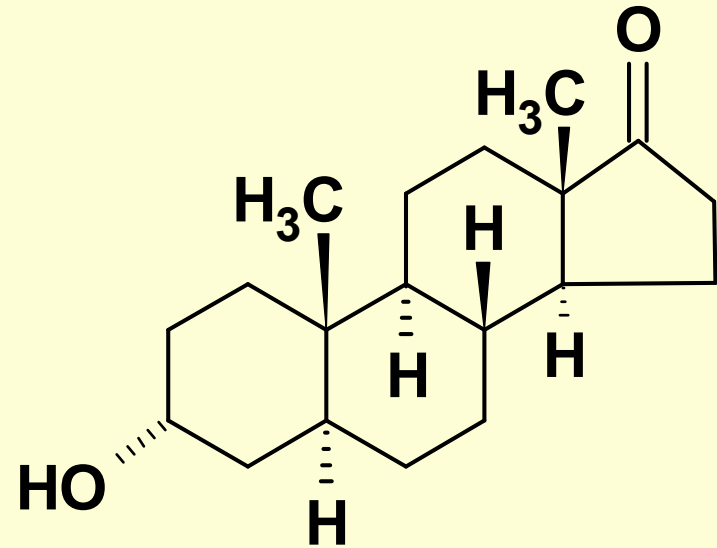
- **4.性激素：**动物激素按其化学结构可分为两大类，一类是含氮物质，如蛋白质，多肽，氨基酸等，另一类就是甾类激素。
- 性激素包括雄性激素和雌性激素，它们是在睾丸中或卵巢中受垂体激素调节而产生的。性激素的作用为传达二级性特征和调节性功能及生殖功能。性激素具有强烈的生理作用，在医药上用于调节性生理，并从而发展成了有效地避孕药物。

4. 性激素

(1). 雄性激素：最重要的是睾丸甾酮和雄甾酮。



睾丸甾酮

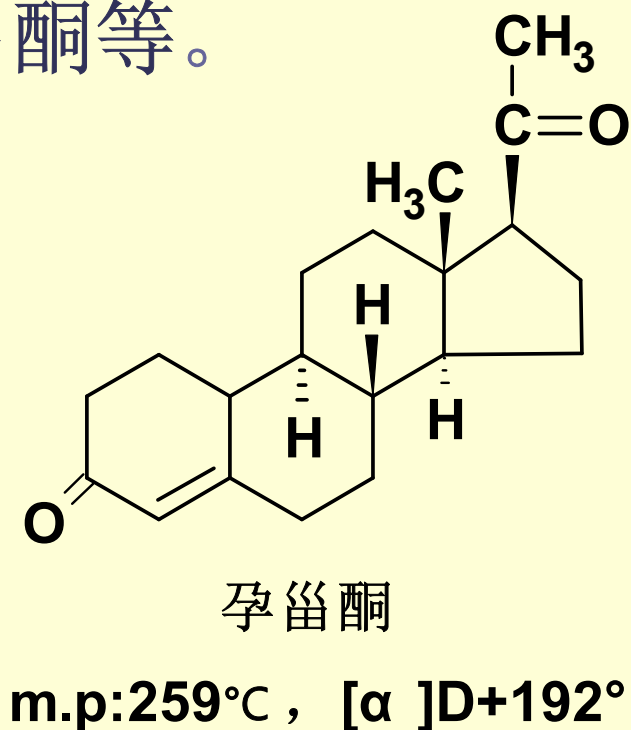
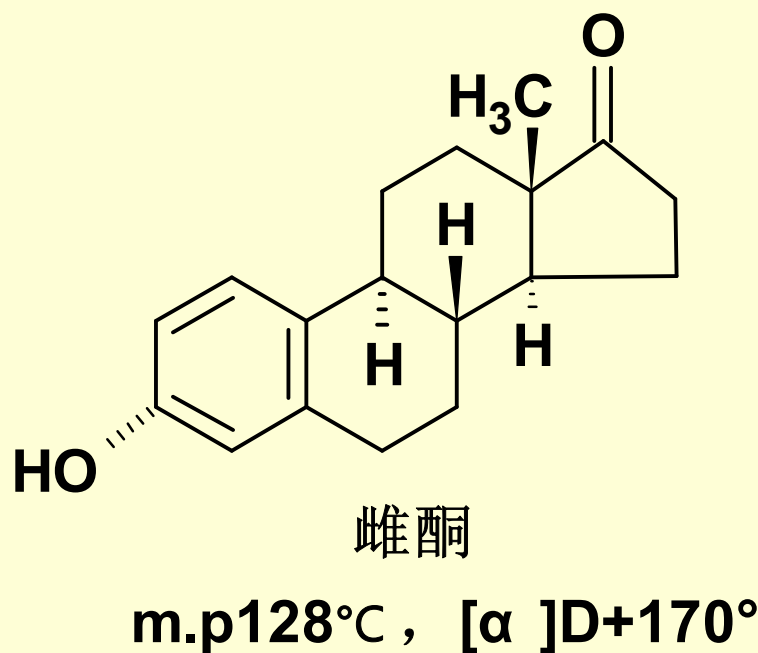


雄甾酮

睾丸甾酮是主要的雄性激素，雄甾酮是睾丸甾酮的一种代谢形式。睾丸甾酮的生理活性是雄甾酮的十倍。

4. 性激素

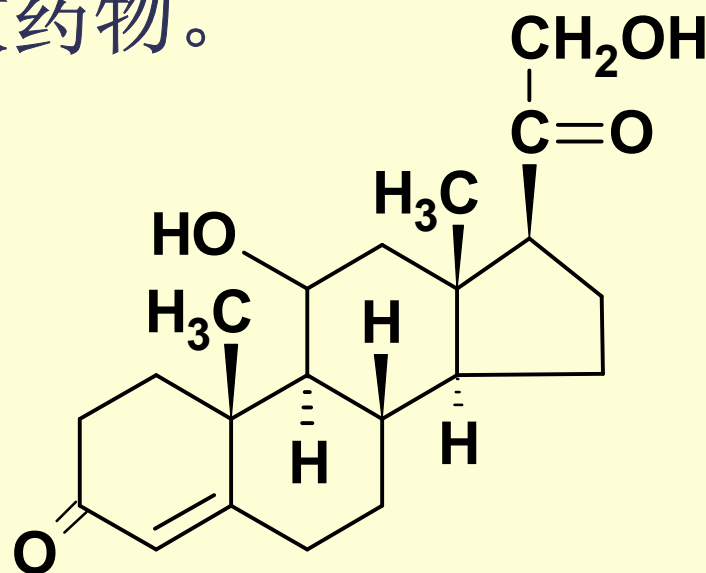
- (2). 雌性激素：雌性激素又分雌激素和孕激素两类。包括雌酮、孕甾酮等。



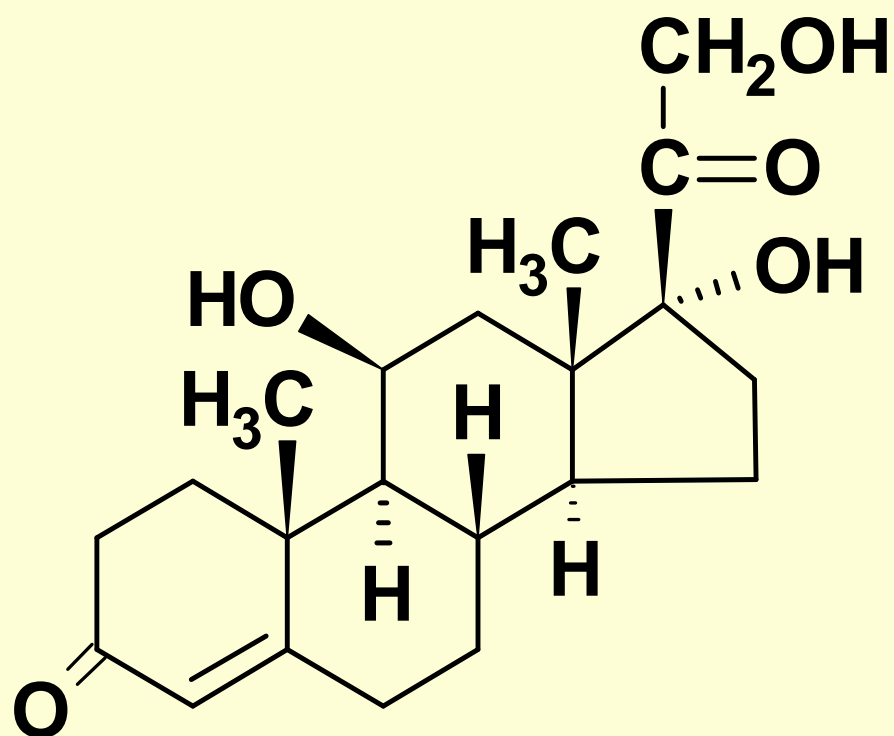
孕甾酮也叫黄体酮，有抑制排卵的作用。

5. 肾上腺皮质激素

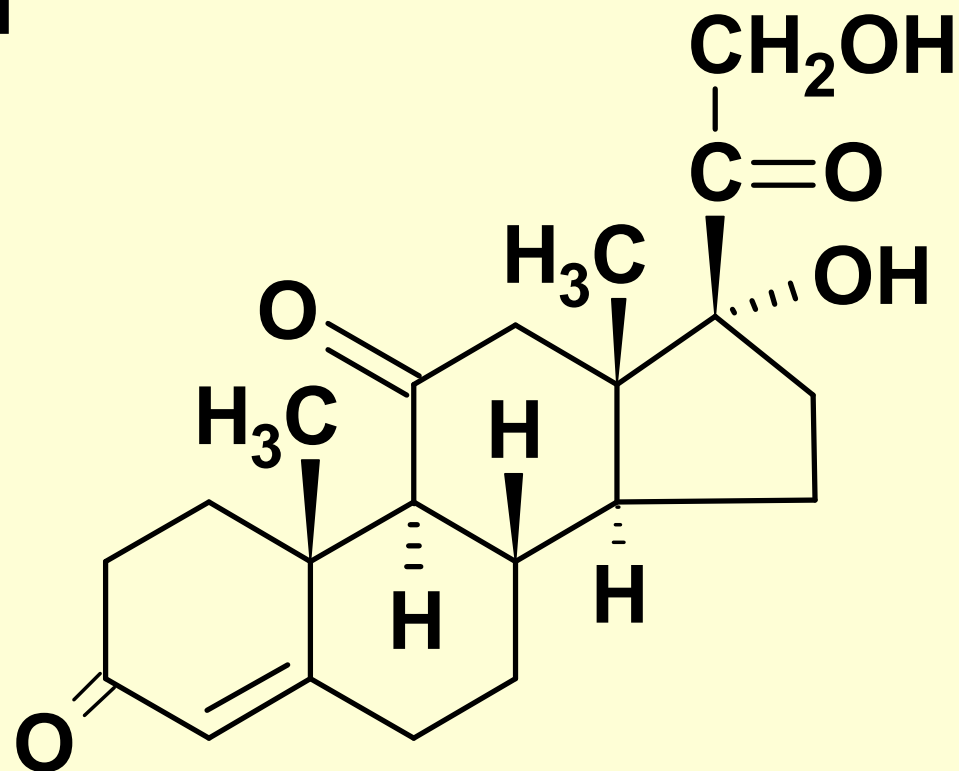
- 肾上腺皮质激素是由肾上腺皮质分泌的激素。主要包括皮质甾酮、皮质甾醇、可的松等。
- 肾上腺皮质激素都具有很强的生理作用，缺乏肾上腺皮质激素会引起糖及矿物质代谢的紊乱；这些激素也是治疗风湿性关节炎、哮喘、皮肤炎症的有效药物。



皮质甾酮



皮质甾醇（氢
化可的松）



可的松