

# 有機化學

沈威宇

2025 年 1 月 15 日

# 目錄

第一章 有機化學 (Organic Chemistry)	1
第一節 有機化合物 (Organic Compounds)	1
一、 定義	1
二、 結構分析	1
(一) 步驟	1
(二) CHNO 元素分析法 (CHNO Elemental Analysis)	1
三、 同分異構 (Isomerism)	2
(一) 結構異構 (Structural Isomerism)	2
(二) 立體異構 (Stereoisomerism)	2
四、 飽和 (Saturation)	3
第二節 IUPAC Nomenclature of Organic Compounds (IUPAC 有機化合物命名法)	4
一、 Introduction	4
(一) IUPAC Nomenclature of Organic Compounds	4
(二) 國家教育研究院化學命名原則所定之中文系統命名法	4
二、 Functional Group or Characteristic Group (官能基/官能團)	4
(一) Some Functional Groups or Characteristic Groups	4
(二) Suffixes and Functional Replacement Analogues for IUPAC Preferred Names, in Decreasing Order of Seniority	6
三、 Parent Chain	12
(一) Parent Chain and Carbon Numbering	12
四、 Prefixes of the Number of Carbons	12
五、 Cyclic compounds	13
(一) Cyclo- Rings	13
(二) O- (Ortho-)/M- (Meta-)/P- (Para-) Notation	14
(三) Fused Rings	14

(四) Spiro Rings . . . . .	14
(五) Bicyclo- Rings . . . . .	14
六、 Configuration Descriptors . . . . .	15
(一) R/S Notation or Cahn-Ingold-Prelog (CIP) Configuration . . . . .	15
(二) R (Rectus)/S (Sinister) Notation . . . . .	15
(三) E/Z Notation . . . . .	16
(四) Cis/Trans Notation . . . . .	16
(五) N-/Iso-/Neo- Notation . . . . .	16
七、 Assembling Name . . . . .	16
第三節 烴類 (Hydrocarbons) . . . . .	17
一、 烴類特性 . . . . .	17
二、 烷烴 (Alkane) . . . . .	17
三、 烯烴 (Alkene) . . . . .	17
四、 炔烴 (Alkyne) . . . . .	18
五、 芳香烴 (Aromatic hydrocarbons) . . . . .	18
(一) 苯 (Benzene, PhH) . . . . .	18
(二) 萘/併苯 (Naphthalene) . . . . .	18
(三) 脂芳烴 . . . . .	18
第四節 醣類 (Saccharide) . . . . .	19
一、 定義 . . . . .	19
二、 還原糖 (Reducing sugar) . . . . .	19
三、 單醣 (Monosaccharides) . . . . .	19
四、 三碳醣/丙醣 . . . . .	19
五、 四碳醣/丁醣 . . . . .	19
六、 五碳醣/戊醣 . . . . .	20
七、 六碳醣/己醣 . . . . .	20
(一) 葡萄糖 (Glucose) . . . . .	20
(二) 果糖 (Fructose) . . . . .	21
(三) 半乳糖 (Galactose) . . . . .	23
(四) 其他六碳醣 . . . . .	24
八、 七碳醣/庚醣 . . . . .	24
九、 雙醣 (Disaccharide) . . . . .	25

十、	兩個六碳糖縮合	25
(一)	蔗糖 (Sucrose)	25
(二)	麥芽糖 (Maltose)	26
(三)	乳糖 (Lactose)	26
(四)	海藻糖 (Trehalose)	26
(五)	幾丁二糖 (Chitobiose)	26
(六)	纖維二糖 (Cellobiose)	26
十一、	寡糖 (Oligosaccharide)	27
十二、	多糖 (Polysaccharide)	27
十三、	葡萄糖組成的均一多糖	27
(一)	澱粉 (Starch)	27
(二)	肝糖 (Glycogen)	28
(三)	纖維素 (Cellulose)	28
十四、	乙醯葡萄糖胺組成的均一多糖	28
(一)	幾丁質 (Chitin)	28
十五、	甜味劑	28
(一)	相對甜度	28
(二)	反式糖漿	28
(三)	精製糖	29
(四)	高果糖糖漿 (High fructose syrup, HFCS)	29
第五節	核酸 (Nucleic acid)	30
一、	核苷酸 (Nucleotide)	30
二、	去氧核糖核酸 (Deoxyribonucleic acid, DNA)	30
三、	核糖核酸 (Ribonucleic acid, RNA)	31
四、	含氮鹼基互補配對原則 (Complementary pairing principle of nitrogen-containing bases)	31
第六節	蛋白質 (Protein)	32
一、	胺基酸 (Amino acid)	32
二、	(胜) 肽	33
三、	必須胺基酸 (Essential amino acids)	33
四、	生物	34
五、	蛋白質變性 (Protein denaturation)	34

六、 檢測方法 . . . . .	34
(一) 黃蛋白反應 (Xanthoproteic reaction) / 薑黃反應 . . . . .	34
(二) 茚三酮反應 (Ninhydrin reaction) / 寧海準反應 . . . . .	34
(三) 梅納反應 (Maillard reaction) / 梅拉德反應/羰胺反應 . . . . .	35
(四) 米倫反應 (Millon reaction) . . . . .	35
(五) 雙縮脲試劑 . . . . .	35
第七節 脂類 . . . . .	35
一、 定義 . . . . .	35
二、 三酸甘油酯 (Triglyceride) . . . . .	36
(一) 特性 . . . . .	36
(二) 酯化反應 . . . . .	36
(三) 碳鏈 . . . . .	36
(四) 飽和與不飽和脂肪酸 . . . . .	36
(五) 碘價 . . . . .	37
(六) 酸敗 . . . . .	37
(七) 反式脂肪 . . . . .	37
三、 皂化反應 . . . . .	38
第八節 界面活性劑 . . . . .	38
一、 原理 . . . . .	38
(一) 界面活性劑 . . . . .	38
(二) 清潔 . . . . .	38
二、 依碳鏈為非、陰或陽離子分類 . . . . .	38
三、 清潔劑 . . . . .	39
(一) 軟性與硬性清潔劑 . . . . .	39
(二) 肥皂 . . . . .	39
(三) 合成清潔劑 . . . . .	39
四、 起雲劑 . . . . .	40
第九節 硬水 . . . . .	40
一、 硬水與軟水 . . . . .	40
二、 硬水軟化方法 . . . . .	40

第十節	尿素與尿酸	41
一、	尿素	41
二、	尿酸	41
第十一節	維生素/維他命 (Vitamin)	41
一、	必需維生素	41
二、	人類所需的維生素	42
第十二節	藥物	42
一、	藥物劑量	42
二、	常見家庭藥物	42
	(一) 胃藥	42
	(二) 非麻醉型非類固醇鎮痛與消炎劑	43
	(三) 麻醉型止痛劑	46
	(四) 類固醇/Steroid/美國仙丹/副腎上腺皮質素	48
	(五) 抗菌劑 (針對細菌感染病)	48
第十三節	化石燃料 (Fossil fuels) 與石化產品 (Petrochemicals)	50
一、	石油/原油 (Petroleum)	50
二、	石油醚 (Petroleum ether)	50
三、	液化石油氣 (liquefied/liquid petroleum gas, LPG)	50
四、	汽油 (US: Gasoline/UK: Petrol)	51
五、	柴油 (Diesel)	51
六、	石蠟 (Paraffin wax/petroleum wax)	51
七、	天然氣 (Natural gas)	51
八、	煤 (Coal) /煤炭/石炭	51
九、	塑膠 (Plastic)	51

# 第一章 有機化學 (Organic Chemistry)

## 第一節 有機化合物 (Organic Compounds)

### 一、 定義

- 有機化合物廣義定義：含碳之化合物除了碳的同素異形體、碳氧化物、碳硫化物、含碳酸根化合物和含氰根化合物。
- 有機化合物狹義定義：碳氫化合物及其衍生物。
- 無機化合物定義：不是有機化合物的化合物。
- 有機化合物種類超過 2000 萬種，遠高於無機化合物。
- 有機化合物早期定義：來自生物體的物質。
- 1828 年德國化學家烏勒 (F. Wöhler) 成功將無機的氰酸胺  $\text{NH}_4\text{OCN}$  變成有機的尿素  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 。

### 二、 結構分析

#### (一) 步驟

將試料先以蒸餾、萃取、層析、再結晶等方式分離純化成純物質，接著

- 以 CHNSO 元素分析法等定量分析方法確定實驗式。
- 以蒸氣密度測定法、沸點上升法、凝固點下降法、滲透壓法、質譜法等方法測定分子量。
- 以化性、物性與光譜分析等定性分析方法確定官能基。

獲得唯一結構式。

#### (二) CHNO 元素分析法 (CHNO Elemental Analysis)

0. 封閉玻璃管中，置裝有已知質量之僅含 C、H、N、O 的待測物樣品的鉑小盤，其旁置過量氧化銅，兩者之下各置加熱器。
1. 將過量純氧通入玻璃管（若樣品中同時含有氧和氮，則須知其質量），首先通過樣品而後通過作為氧化劑的氧化銅（若樣品中同時含有氧和氮，則須知其質量），兩者之下加熱器均加熱。樣品被氧化產生水蒸氣、二氧化碳和氮氧化物氣體。若樣品中同時含有氧和氮，則須測量氧化銅減少的質量。

2. 使氣體通過裝有已知質量的過量顆粒固體狀過氯酸鎂或氯化鈣或十氧化四磷（又稱五氧化二磷）的封閉 U 型管（下稱此種配置之 U 型管為吸水管）。因其吸收水，測量其質量改變可計算樣品中氫的質量。其中十氧化四磷吸水的反應式為  $\text{P}_4\text{O}_{10} + 6\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 4\text{H}_3\text{PO}_4 + 177\text{ kJ}$ 。
3. 若樣品中同時含有氧和氮：
  - I. 待樣品完全反應成氣體後，停止通入氧氣，並與前開裝置斷開。接著將過量氫氣通入剩餘氣體中，並加入鉑等作為催化劑，以加熱器加熱。
  - II. 接著使氣體通過另一吸水管以吸收水，測量其質量改變。
4. 接著使剩餘氣體通過裝有已知質量的過量顆粒固體狀氫氧化鈉或氫氧化鉀的封閉 U 型管。因其吸收二氧化碳，測量其質量改變可計算樣品中碳之質量。因其也會吸收水，故不可在通過無水過氯酸鎂固體 U 型管前先通過之。過量足夠濃度的氫氧化鈉或氫氧化鉀水溶液亦可替代之，但須避免其水蒸氣與腐蝕性影響實驗。
5. 最後計算出樣品所有成分的質量：
  - 若樣品中不同時含有氧和氮：所有成分均已在前面步驟測得。
  - 若樣品中同時含有氧和氮：此處剩餘的氣體為氮氣與氫氣。樣品中氧的質量為，前面步驟中兩次通過吸水管時測得的水中的氧的質量之和，加上上一步驟測得的二氧化碳中的氧的質量，扣除原先通入的氧的質量，再扣除氧化銅減少的質量。樣品中氮的質量為，此處剩餘氣體的質量，加上通入氫氣反應後通過吸水管時測得的水中的氫的質量，扣除所通入的氫氣的質量。

### 三、 同分異構 (Isomerism)

#### (一) 結構異構 (Structural Isomerism)

- 鏈異構 (Chain isomerism)：指化合物分子中的原子骨架連接方式不同，如新戊烷、正戊烷和異戊烷。
- 位置異構 (Positional isomerism)：官能基在分子中位置不同，如 2-戊醇和 3-戊醇。
- 官能基異構 (Functional group isomerism)：分子中存在不同的官能基，如乙醇和二甲醚。

#### (二) 立體異構 (Stereoisomerism)

立體異構物指具有相同原子連接順序，但原子在空間排列不相同的同分異構物。

- 幾何/順反異構：由於存在雙鍵或環，這些分子的自由旋轉受阻，產生同分異構物，分別稱為順式 (Cis) 和反式 (Trans) 異構物。
- 對映/對掌異構 (Enantiomerism) /光學異構 (Optical isomerism)：指兩分子互為鏡像關係且不能重合，是手性異構的一種。
- 手性中心/立體中心 (Stereocenter)：若某原子上兩個官能基的位置交換後會產生與原始分子立體異構的分子，則該原子為所屬分子的立體中心。
- 手性的 (Chiral)：若某分子與其鏡像不同，則稱其為手性的。



- 立體手性：手性中心上兩個官能基的位置交換後會產生與原始分子立體異構的分子。
- 軸手性：指分子有一根手性軸，多個基團圍繞軸排布，其排布方式使得分子無法與其鏡像重合。
- 平面手性：指分子有一個手性平面，多個基團圍繞平面排布，其排布方式使得分子無法與其鏡像重合。
- 固有手性 (Inherent chirality)：分子的固有曲率產生的手性。
- 手性異構 (Chiral isomerism)：指互在某個或多個手性互為鏡像的異構物，對於單一手性中心的分子，手性異構即對映異構。
- Conformational isomerism (構型/構像異構)/Rotamer (構型/構像異構物): Rotamers are chemical species that differ from one another primarily due to rotations about one or more single bonds.

#### 四、 飽和 (Saturation)

有碳碳多鍵之有機化合物稱不飽和，否則稱飽和；多鍵愈多稱不飽和度愈高。

## 第二節 IUPAC Nomenclature of Organic Compounds (IUPAC 有機化合物命名法)

### 一、 Introduction

#### (一) IUPAC Nomenclature of Organic Compounds

The International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) provides a systematic method for naming organic chemical compounds. The nomenclature is based on the structure of the compound and follows specific rules to ensure that each compound has a unique and unambiguous name.

#### (二) 國家教育研究院化學命名原則所定之中文系統命名法

- IUPAC 命名中以阿拉伯數字者仍從之，其間與後標點符號亦從之。
- Meth、Eth 等數字前綴改為中文，其中一至十用天干、其餘用中文數字。
- k 烷基逕稱 k 基，其中 k 為數字前綴。
- j 烯基有 k 個雙鍵稱 jk 烯基。
- j 炔基有 k 個參鍵稱 jk 炔基。
- 環綴環。
- 其餘同 IUPAC 但翻譯成中文。

### 二、 Functional Group or Characteristic Group (官能基/官能團)

Functional group or characteristic group refers to a substituent or moiety in a molecule that exhibits the characteristics of an organic compound, making substances containing the same functional group have similar properties. A characteristic group that is not the principal group is called a substituent.

#### (一) Some Functional Groups or Characteristic Groups

- Carboxyl acid (羧酸)  $\text{R}-\text{C}(=\text{O})-\text{O}-\text{H}$
- Ester (酯)  $\text{R}-\text{C}(=\text{O})-\text{O}-\text{R}'$
- Amide (醯胺)  $\text{R}-\text{C}(=\text{O})-\text{N}(-\text{R}')-\text{R}''$
- Imide (醯亞胺)  $\text{R}-\text{N}(-\text{C}(=\text{O})-\text{R}'')-\text{C}(=\text{O})-\text{R}'$
- Nitrile (腈)  $\text{R}-\text{C} \equiv \text{N}$
- Aldehyde (醛)  $\text{R}-\text{C}(=\text{O})-\text{H}$
- Thioaldehyde (硫醛)  $\text{R}-\text{C}(=\text{S})-\text{H}$
- Carbonyl group (羰基)/Acyl group (醯基)  $-\text{C}(=\text{O})-$

- Ketone (酮)  $R-C(=O)-R'$
- Thioketone (硫酮)  $R-C(=S)-R'$
- Hydroxy group (羥基)  $-O-H$
- Phenol (酚)  $*6(C(-OH)-C(-R)=C(-R')-C(-R'')=C(-R''')-C(-R'''))=)$
- Thiols (硫醇)  $R-S-H$
- Hydroperoxide (氫過氧基)  $-O-O-H$
- Amine (胺)  $R-N(-R')-R''$
- Imine (亞胺)  $R-C(-R')=N-R''$
- Alkane (烷)  $R-C(-H)(-H)-C(-H)(-H)-R'$
- Alkene (烯)  $R-C(-H)=C(-H)-R'$
- Alkyne (炔)  $R-C \equiv C-R'$
- Alkyl group (烷基)  $-C(-H)(-H)-C(-H)(-H)-$
- Alkenyl group (烯基)  $-C(H)=C(H)-$
- Alkynyl group (炔基)  $-C \equiv C-$
- Ether (醚)  $R-O-R'$
- Peroxide (過氧化物)  $R-O-O-R'$
- Phenyl group (苯基)/Benzene (苯)  $R-*6(C-C(-H)=C(-H)-C(-H)=C(-H)-C(-H)=)$
- Fluoro group (氟代基)  $R-F$
- Chloro group (氯代基)  $R-Cl$
- Bromo group (溴代基)  $R-Br$
- Iodo group (碘代基)  $R-I$
- Nitro group (硝基)  $-N(=O)>O$
- Nitroso group (亞硝基)  $-N=O$
- Sulfonyl group (磺酸基)  $-S(=O)(=O)-$
- Phosphoric acid group (磷酸基)  $-O-P(=O)(-OH)-OH$
- Phosphonic acid group (亞磷酸基)  $-P(=O)(=O)-OH$
- Hypophosphorous acid group (次磷酸基)  $-P(=O)(=O)-OH$
- Quaternary ammonium ion (四級銨根)  $[R-N(-R')(-R'')-R''']^+$

## (二) Suffixes and Functional Replacement Analogues for IUPAC Preferred Names, in Decreasing Order of Seniority

Identify the functional group with the highest precedence according to IUPAC rules. This group will determine the suffix of the compound's name.

- Carboxylic acids
  - $\text{-COOH}$  carboxylic acid
  - $\text{-(C)OOH}$  oic acid
- Carboperoxoic acids
  - $\text{-CO-OOH}$  carboperoxoic acid
  - $\text{-(C)O-OOH}$  peroxoic acid
- Carboperoxoic acids modified by replacement with S, Se, and/or Te
  - $\text{-CS-OOH}$  carboperoxothioic acid
  - $\text{-(C)S-OOH}$  peroxothioic acid
  - $\text{-CSe-OOH}$  carboperoxoselenoic acid
  - $\text{-(C)Se-OOH}$  peroxoselenoic acid
  - $\text{-CO-SOH}$  carbo(thioperoxoic) SO-acid
  - $\text{-(C)O-SOH}$  (thioperoxoic) SO-acid
  - $\text{-CO-OSH}$  carbo(thioperoxoic) OS-acid
  - $\text{-(C)O-OSH}$  (thioperoxoic) OS-acid
- Carboxylic acids modified by replacement with S, Se, and/or Te
  - $\text{-CS-OH}$  carbothioic O-acid
  - $\text{-(C)S-OH}$  thioic O-acid
  - $\text{-CO-SH}$  carbothioic S-acid
  - $\text{-(C)O-SH}$  thioic S-acid
  - $\text{-CO-SeH}$  carboselenoic Se-acid
  - $\text{-(C)O-SeH}$  selenoic Se-acid
  - $\text{-CS-SH}$  carbodithioic acid
  - $\text{-(C)S-SH}$  dithioic acid
- Carboximidic acids
  - $\text{-C(=NH)-OH}$  carboximidic acid
  - $\text{-(C)(=NH)-OH}$  imidic acid Carboximidoperoxoic acids
  - $\text{-C(=NH)-OOH}$  carboximidoperoxoic acid

- $-(C)(=NH)-OOH$  imidoperoxoic acid
- Carboximidoperoxoic acids modified by replacement with S, Se, and/or Te
  - $-C(=NH)-SOH$  carboximido(thioperoxoic) SO-acid
  - $-(C)(=NH)-SOH$  imido(thioperoxoic) SO-acid
  - $-C(=NH)-OSH$  carboximido(thioperoxoic) OS-acid
  - $-(C)(=NH)-OSH$  imido(thioperoxoic) OS-acid
  - $-C(=NH)-SSH$  carbo(dithioperox)imidic acid
  - $-(C)(=NH)-SSH$  (dithioperox)imidic acid
  - $-C(=NH)-SeSH$  carboximido(selenothioperoxoic) SeS-acid
  - $-(C)(=NH)-SeSH$  imido(selenothioperoxoic) SeS-acid Carboximidic acids modified by replacement with S, Se, and/or Te
  - $-C(=NH)-SH$  carboximidothioic acid
  - $-(C)(=NH)-SH$  imidothioic acid
- Carbohydrazonic acids
  - $-C(=NNH_2)-OH$  carbohydrazonic acid
  - $-(C)(=NNH_2)-OH$  hydrazonic acid Carbohydrazonoperoxoic acids
  - $-C(=NNH_2)-OOH$  carbohydrazonoperoxoic acid
  - $-(C)(=NNH_2)-OOH$  hydrazonoperoxoic acid
- Carbohydrazonoperoxoic acids modified by replacement with S, Se, and/or Te
  - $-C(=NNH_2)-SOH$  carbohydrazono(thioperoxoic) SO-acid
  - $-(C)(=NNH_2)-SOH$  hydrazono(thioperoxoic) SO-acid
  - $-C(=NNH_2)-OSH$  carbohydrazono(thioperoxoic) OS-acid
  - $-(C)(=NNH_2)-OSH$  hydrazono(thioperoxoic) OS-acid
  - $-C(=NNH_2)-TeTeH$  carbo(ditelluoperoxo)hydrazonic acid
  - $-(C)(=NNH_2)-TeTeH$  (ditelluoperoxo)hydrazonic acid
- Carbohydrazonic acids modified by replacement with S, Se, and/or Te
  - $-C(=NNH_2)-SH$  carbohydrazonothioic acid
  - $-(C)(=NNH_2)-SH$  hydrazonothioic acid
- Sulfonic acids
  - $-SO_2-OH$  sulfonic acid Sulfonoperoxoic acids
  - $-SO_2-OOH$  sulfonoperoxoic acid
- Sulfonoperoxoic acids modified by replacement with S, Se and/or Te

- $\text{--S(O)(S)-OOH}$  sulfonoperoxothioic acid
- $\text{--SO}_2\text{-SOH}$  sulfono(thioperoxoic) SO-acid
- $\text{--SO}_2\text{-OSH}$  sulfono(thioperoxoic) OS-acid
- $\text{--SS}_2\text{-OOH}$  sulfonoperoxodithioic acid
- Sulfonic acids modified by replacement with S, Se and/or Te
  - $\text{--SO}_2\text{-SH}$  sulfonothioic S-acid
  - $\text{--S(O)(S)-OH}$  sulfonothioic O-acid
  - $\text{--S(S)(S)-SH}$  sulfonotrithioic acid
- Sulfonimidic acids
  - $\text{--S(O)(=NH)-OH}$  sulfonimidic acid Sulfonimidoperoxoic acids
  - $\text{--S(O)(=NH)-OOH}$  sulfonimidoperoxoic acid
- Sulfonimidoperoxoic acids modified by replacement with S, Se, or Te
  - $\text{--S(O)(=NH)-SOH}$  sulfonimido(thioperoxoic) SO-acid
  - $\text{--S(O)(=NH)-OSH}$  sulfonimido(thioperoxoic) OS-acid Sulfonimidic acids modified by replacement with S, Se or Te
  - $\text{--S(O)(=NH)-SH}$  sulfonimidothioic S-acid
- Sulfonodiimidic acids
  - $\text{--S(=NH)}_2\text{-OH}$  sulfonodiimidic acid Sulfonodiimidoperoxoic acids
  - $\text{--S(=NH)}_2\text{-OOH}$  sulfonodiimidoperoxoic acid Sulfonodiimidoperoxoic acids modified by replacement with S, Se, and/or Te
  - $\text{--S(=NH)}_2\text{-SOH}$  sulfonodiimido(thioperoxoic) SO-acid
  - $\text{--S(=NH)}_2\text{-OSH}$  sulfonodiimido(thioperoxoic) OS-acid Sulfonodiimidic acids modified by replacement with S, Se, and/or Te
  - $\text{--S(=NH)}_2\text{-SeH}$  sulfonodiimidoseleonic acid
- Sulfonohydrazonic acids
  - $\text{--S(O)(=NNH}_2\text{)-OH}$  sulfonohydrazonic acid Sulfonohydrazonoperoxoic acids
  - $\text{--S(O)(=NNH}_2\text{)-OOH}$  sulfonohydrazonoperoxoic acid Sulfonohydrazonoperoxoic acids modified by replacement with S, Se, and/or Te
  - $\text{--S(S)(=NNH}_2\text{)-OOH}$  sulfonohydrazonoperoxothioic acid Sulfonohydrazonic acids modified by replacement with S, Se and/or Te
  - $\text{--S(S)(=NNH}_2\text{)-OH}$  sulfonohydrazonothioic O-acid
  - $\text{--S(O)(=NNH}_2\text{)-SH}$  sulfonohydrazonothioic S-acid
- Sulfonodihydrazonic acids

- $\text{-S(=NNH}_2\text{)}_2\text{-OH}$  sulfonodihydrazonic acids Sulfonodihydrazonoperoxoic acid
- $\text{-S(=NNH}_2\text{)}_2\text{-OOH}$  sulfonodihydrazonoperoxoic acid Sulfonodihydrazonoperoxoic acids modified by replacement with S, Se, and/or Te
- $\text{-S(=NNH}_2\text{)}_2\text{-SOH}$  sulfonodihydrazono(thioperoxoic) SO-acid Sulfonodihydrazonic acids modified by replacement with S, Se, and/or Te
- $\text{-S(=NNH}_2\text{)}_2\text{-SH}$  sulfonodihydrazonothioic acid
- Sulfinic acids
  - $\text{-SO-OH}$  sulfinic acid Sulfinoperoxoic acid
  - $\text{-SO-OOH}$  sulfinoperoxoic acid Sulfinoperoxoic acid modified by replacement with S, Se, and/or Te
  - $\text{-S(S)-OOH}$  sulfinoperoxothioic acid
  - $\text{-SO-SOH}$  sulfino(thioperoxoic) SO-acid
  - $\text{-SO-OSH}$  sulfino(thioperoxoic) OS-acid Sulfinic acids modified by replacement with S, Se, and/or Te
  - $\text{-SS-OH}$  sulfinothioic O-acid
  - $\text{-SO-SeH}$  sulfinoselenoic Se-acid
- Sulfinimidic acids
  - $\text{-S(=NH)-OH}$  sulfinimidic acid Sulfinimidoperoxoic acids
  - $\text{-(=NH)-OOH}$  sulfinimidoperoxoic acid Sulfinimidoperoxoic acids modified by replacement with S, Se and/or Te
  - $\text{-S(=NH)-OSH}$  sulfinimido(thioperoxoic) OS-acid Sulfinimidic acids modified by replacement with S, Se, and/or Te
  - $\text{-S(=NH)-SH}$  sulfinimidothioic acid
- Sulfinohydrazonic acids
  - $\text{-S(=NNH}_2\text{)-OH}$  sulfinohydrazonic acid Sulfinohydrazonoperoxoic acids
  - $\text{-S(=NNH}_2\text{)-OOH}$  sulfinohydrazonoperoxoic acid Sulfinohydrazonoperoxoic acids modified by replacement with S, Se and/or Te
  - $\text{-S(=NNH}_2\text{)-SSeH}$  sulfinohydrazono(selenothioperoxoic) SSe-acid Sulfinohydrazonic acids modified by replacement with S, Se, and/or Te
  - $\text{-S(=NNH}_2\text{)-TeH}$  sulfinohydrazonotelluroic acid
- Selenonic acids
  - $\text{-SeO}_2\text{-OH}$  selenonic acid (as for sulfonic acids)
- Seleninic acids
  - $\text{-SeO-OH}$  seleninic acid (as for sulfinic acids)

- Telluronic acids
  - $\text{-TeO}_2\text{-OH}$  telluronic acid (as for sulfonic acids)
- Tellurinic acids
  - $\text{-TeO-OH}$  tellurinic acid (as for sulfinic acids)
- Carboxamides
  - $\text{-CO-NH}_2$  carboxamide
  - $\text{-(C)O-NH}_2$  amide Carboxamides modified by replacement with S, Se, and/or Te
  - $\text{-CS-NH}_2$  carbothioamide
  - $\text{-(C)S-NH}_2$  thioamide
- Carboximidamides
  - $\text{-C(=NH)-NH}_2$  carboximidamide
  - $\text{-(C)(=NH)-NH}_2$  imidamide
- Carbohydrazonamides
  - $\text{-C(=NNH}_2\text{)-NH}_2$  carbohydrazonamide
  - $\text{-(C)(=NNH}_2\text{)-NH}_2$  hydrazonamide
- Sulfonamides
  - $\text{-SO}_2\text{-NH}_2$  sulfonamide
- Sulfonamides modified by replacement with S, Se, and/or Te Sulfinohydrazides modified by replacement with S, Se, and/or Te
  - $\text{-S(Se)-NHNH}_2$  sulfinoselenohydrazide
- Sulfinimidohydrazides
  - $\text{-S(=NH)-NHNH}_2$  sulfinimidohydrazide
- Sulfinohydrazonohydrazides
  - $\text{-S(=NNH}_2\text{)-NHNH}_2$  sulfinohydrazonohydrazide
- Selenonohydrazides
  - $\text{-SeO}_2\text{-NHNH}_2$  selenonohydrazide (as for sulfonohydrazides)
- Seleninohydrazides
  - $\text{-Se(O)-NHNH}_2$  seleninohydrazide (as for sulfinohydrazides)
- Telluronohydrazides



- $-\text{TeO}_2\text{-NHNH}_2$  telluronohydrazide (as for sulfonylhydrazides)
- Tellurinohydrazides
  - $-\text{Te(O)-NHNH}_2$  tellurinohydrazide (as for sulfinohydrazides)
- Nitriles
  - $-\text{CN}$  carbonitrile
  - $-(\text{C})\text{N}$  nitrile
- Aldehydes
  - $-\text{CHO}$  carbaldehyde
  - $-(\text{C})\text{HO}$  al Aldehydes modified by replacement with S, Se, and/or Te
  - $-\text{CHS}$  carbothialdehyde
  - $-(\text{C})\text{HS}$  thial
  - $-\text{CHSe}$  carboselenaldehyde
  - $-(\text{C})\text{HSe}$  selenal
  - $-\text{CHTe}$  carbotelluraldehyde
  - $-(\text{C})\text{HTe}$  tellural
- Ketones, pseudoketones, and heterones
  - $>(\text{C})=\text{O}$  one
- Ketones, pseudoketones, and heterones modified by replacement with S, Se, and/or Te
  - $>(\text{C})=\text{S}$  thione
  - $>(\text{C})=\text{Se}$  selone (not selenone)
  - $>(\text{C})=\text{Te}$  tellone (not tellurone)
- Hydroxy compounds
  - $-\text{OH}$  ol Hydroxy compounds modified by replacement with S, Se, and/or Te
  - $-\text{SH}$  thiol
  - $-\text{SeH}$  selenol
  - $-\text{TeH}$  tellurol
- Hydroperoxides
  - $-\text{OOH}$  peroxol Hydroperoxides modified by replacement with S, Se, and/or Te
  - $-\text{OSH}$  OS-thioperoxol
  - $-\text{SOH}$  SO-thioperoxol (not sulfenic acid)
- Amines

- $\text{-NH}_2$  amine
- Imines
  - $\text{=NH}$  imine

### 三、 Parent Chain

#### (一) Parent Chain and Carbon Numbering

A parent chain is a continuous chain (hydrocarbon) of carbon atoms in the structure. Locate it according to the following principles, where the earlier principle must take precedence. The parent chain determines the root name of the compound.

1. If the compound has a functional group with seniority (priority), the parent chain has to include the carbon atom attached to the functional group.
2. Choose the one(s) with the most of the rings.
3. Choose the one(s) that includes the most of the multiple bonds (double or triple bonds).
4. Choose the one(s) with the most of carbon atoms, namely, the longest one.
5. Choose the one(s) with the most of substituents.
6. Assign numbers to the carbon atoms in the parent chain (candidates), starting from the end closest to the principal functional group, or to a multiple bond if there's no other principal functional group. Choose the ones that make the principal functional group or a multiple bond has the lowest possible number. If there are multiple functional groups or multiple bonds, choose and number in a way that gives the lowest possible numbers to the alphabetically highest retaining groups or bonds.

### 四、 Prefixes of the Number of Carbons

Count the number of carbons in the parent chain and assign the corresponding prefix.

- 1: Meth-
- 2: Eth-
- 3: Prop-
- 4: But-
- 5: Pent-
- 6: Hex-
- 7: Hept-
- 8: Oct-

- 9: Non-
- 10: Dec-
- 11: Undec-
- 12: Dodec-
- 13: Tridec
- 14: Tetradec-
- 15: Pentadec-
- 16: Hexadec-
- 17: Heptadec-
- 18: Octadec-
- 19: Nonadec-
- 20: Eicos-
- 21: Henicos-
- 22-29: Replace "dec" of 12-19 with "cos"
- 30: Triacont-
- Other multiples of ten less than one hundred: Replace "dec" of 14-19 with "cont"
- Others less than one hundred: Replace "cos" of 21-29 with the largest multiple of ten that is less than it
- 100: hect-

## **五、Cyclic compounds**

### **(一) Cyclo- Rings**

Cyclic compounds are compounds with cyclic structures. The prefix cyclo- is also used in the name of them.

1. Use cyclo- with the parent name for single cyclic compounds.
2. If the multi-ring system is not fused but connected as a chain or branch, use cyclo- with the parent name.
3. Smaller cyclic rings connected to a main structure are named as substituents.

For example, Cyclohexane is a single cyclic hydrocarbon, 1-Cyclopropylbutane is a cyclopropane ring as a substituent on a butane chain), and 1-Cyclopropyl-2-methylcyclohexane has a cyclopropyl group at position 1 and a methyl group at position 2 of cyclohexane.

## (二) O- (Ortho-)/M- (Meta-)/P- (Para-) Notation

For two characteristic groups attached on a ring:

- o- (ortho-) (鄰): located on two adjacent carbons in the ring.
- m- (meta-) (間): located on two alternate carbons in the ring.
- p- (para-) (對): located on two opposite carbons in the ring.

For example, o-Cresol is 2-Methylphenol, m-Cresol is 3-Methylphenol, and p-Cresol is 4-Methylphenol.

In IUPAC nomenclature nowadays, the o-/m-/p- notation is replaced by the carbon numbering. Here is an updated and detailed breakdown of multi-ring systems with subsubsections for fused rings (no prefix), cyclo-, and bicyclo-.

## (三) Fused Rings

Fused rings share two adjacent carbon atoms. No prefix is added to compounds with fused rings. Rules are:

1. Many fused-ring systems have trivial names (historically accepted names) recognized by IUPAC. For example, Naphthalene is two benzene rings fused, Anthracene is three benzene rings fused linearly, and Phenanthrene is three benzene rings fused angularly.
2. Carbon numbering and substituent naming is the same as straight chain compounds. For example, 1-Methylphenanthrene has a methyl group at position 1, and 1-Nitronaphthalene has a nitro group at position 1 of naphthalene.

## (四) Spiro Rings

The Spiro- prefix is used for bicyclic compounds where two rings share a single common atom. The IUPAC rules for naming spiro compounds are as follows:

1. The term spiro is prefixed to the name of the parent chain.
2. The sizes of the two rings are specified in ascending order in square brackets (e.g., [x.y], where x and y are the number of atoms in each ring, excluding the shared spiro atom).
3. The numbering begins at the spiro atom and continues around the smaller ring first, then the larger ring.

For example, Spiro[2.2]pentane is a compound with two three-membered rings sharing one atom, Spiro[4.5]decane is a compound with a five-membered and a six-membered ring sharing one atom.

## (五) Bicyclo- Rings

The bicyclo- prefix is used for bridged ring systems, where two or more rings are connected by shared carbon atoms. Rules are:

1. The structure is named as bicyclo[x.y.z], where x is the number of carbons in the longest bridge, y is the number of carbons in the second longest bridge, and z is number of carbons in the shortest bridge.
2. Start numbering at one bridgehead and move through the longest bridge first, followed by the second longest, and finally the shortest.
3. Use the total number of carbons (including bridgeheads) to determine the base name of the structure. For example, Bicyclo[2.2.1]heptane has seven carbons total.
4. Carbon numbering and substituent naming is the same as straight chain compounds.

For example, Bicyclo[3.1.1]heptane is a bicyclic system with: 3 carbons in the longest bridge, 1 carbon in the second bridge, and 1 carbon in the shortest bridge.

## 六、 Configuration Descriptors

### (一) R/S Notation or Cahn-Ingold-Prelog (CIP) Configuration

### (二) R (Rectus)/S (Sinister) Notation

The R (Rectus) and S (Sinister) notation of a compound, also known as Cahn-Ingold-Prelog (CIP) configuration, is determined using a step-by-step process based on the spatial arrangement of groups attached to a stereocenter (a chiral center).

1. Identify the stereocenter: Look for a carbon atom bonded to four different groups. This carbon is the stereocenter.
2. Assign priorities to the groups: Use the Cahn-Ingold-Prelog (CIP) priority rules:
  - i. Compare the atomic numbers (原子序) of the atoms directly attached to the stereocenter. The higher the atomic number, the higher the priority.
  - ii. If two atoms have the same atomic number, compare the atomic numbers of the atoms bonded to those atoms. Continue down the chain until a difference is found.
  - iii. Double or triple bonds are treated as if the bonded atom is duplicated or triplicated (e.g., a C=O group is treated as if it were bonded to two oxygen atoms).
3. Orient the molecule: Position the molecule so that the group with the lowest priority (4th priority) is pointing away from you. This is typically shown as a dashed wedge in structural diagrams.
4. Trace the path of the three higher-priority groups: Imagine moving from the highest priority group (1) to the second (2), and then to the third (3). Determine if this path is clockwise or counterclockwise. If the path is clockwise, the configuration is R (rectus); if counterclockwise, it is S (sinister).

R/S notation is part of IUPAC nomenclature.

### (三) E/Z Notation

For a double bond, if the two highest seniority groups are on opposite sides, it is called E; otherwise it is called Z.

E/Z notation is part of IUPAC nomenclature.

### (四) Cis/Trans Notation

For a double bond or a ring structure, if two similar or identical groups are on the same side, it's called cis- (順式); otherwise, it's called trans- (反式).

For example, "trans-1-Bromo-1,2-dichloroethene" is "(E)-1-Bromo-1,2-dichloroethene", "cis-1-Bromo-1,2-dichloroethene" is "(Z)-1-Bromo-1,2-dichloroethene"; "cis-1,3-Dimethylcyclohexane" is "(1R,3S)-1,3-dimethylcyclohexane", and "trans-1,3-Dimethylcyclohexane" is "(1R,3R)-1,3-dimethylcyclohexane".

In IUPAC nomenclature nowadays, the cis/trans notation is replaced by the E/Z notation for double bonds and the R/S notation for rings.

### (五) N-/Iso-/Neo- Notation

- n- (正): no substituent.
- iso- (異): one substituent
- neo- (新): two substituents.

For example, N-Pentane is Pentane, Isopentane is 2-Methylbutane, and Neopentane is 2,2-Dimethylpropane.

In IUPAC nomenclature nowadays, the n-/iso-/neo- notation is replaced by the characteristic groups attached on the parent chain.

## 七、 Assembling Name

- Identify any substituents connected to the parent chain.
- Combine the substituents and the parent chain name. The position of a group is represented by numbers starting from the smallest number. The numbers are used as locants and separated from the name of the parent chain suffix by "-" and are suffixed before the group name.
- If there are two or more identical characteristic group, add numbers in front of the group, separate their positions with ",", and list them together. e.g., "1,2-dimethyl-".
- If there are two or more characteristic group attached to the same carbon atom, list them alphabetically, regardless of their seniority.
- After the groups are listed in order of the smallest position number, the parent chain name with the main characteristic group suffix is listed.

## 第三節 烴類 (Hydrocarbons)

### 一、 烴類特性

- 烴類指只含碳和氫的化合物，又稱碳氫化合物。
- 芳香烴指苯及其衍生烴，因有濃郁氣味故稱之；脂肪烴指非芳香烴的烴。
- 環烴指有環的烴；鏈狀烴指無環的烴。
- 同時是脂肪烴和環烴稱脂環烴。
- 烷烴為飽和烴，其餘為不飽和烴。
- 多環芳香烴 (PAHs) 指具有多個環的芳香烴。
- 所有電子均為 $\sigma$ 鍵或 $\pi$ 鍵且所有原子均為八隅體的電中性碳氫氮氧磷硫化合物之氫原子數為二倍碳原子數加上一倍氮原子數加上一倍磷原子數加上二減去二倍 $\pi$ 鍵數減去二倍環數（主環數加上橋接環數和）。

### 二、 烷烴 (Alkane)

- 通式： $C_nH_{2n+2}$ 。
- 最簡單直鏈烷：甲烷。
- 最簡單環烷：環丙烷。
- 正烷熔點、沸點、同溫壓下液相密度隨碳數增加而增加，惟丙烷之熔點低於甲、乙烷。
- 熔點高低與分子對稱性正相關。沸點：正戊烷 > 異戊烷 > 新戊烷；熔點：新戊烷 > 正戊烷 > 異戊烷。
- 同碳數之環烷分子結構較直鏈烷穩定與多接觸點，故凡得瓦力較大、沸點較高。
- 常溫常壓下：1 至 4 碳烷為氣體，常作為燃料，如正甲、乙烷和正丙、丁烷分別為天然氣與液化石油氣之主成分；5 至 17 碳烷為液體，常作為有機溶劑，如正己烷常作為油漆之溶劑；其餘為固體，俗稱石蠟，常用於塗布水果表面以保持水分、增加色澤與防止黴菌生長等。
- 不溶於水，小分子均無色、密度小於水、無臭。

### 三、 烯烴 (Alkene)


- 通式： $C_nH_{2n-2}$ 。
- 最簡單直鏈烯：乙烯。
- 最簡單環烯：環丙烯。
- 正烯熔點、沸點隨碳數增加而增加。
- 不溶於水，小分子均無色、密度小於水、無臭。
- 化性較烷活潑。

## 四、 炔烴 (Alkyne)

- 通式： $C_nH_{2n}$ 。
- 最簡單直鏈炔：乙炔。
- 因參鍵穩定鍵角接近平角，角張力大，故常溫下穩定的最簡單環炔為環辛炔。
- 不溶於水，小分子均無色、密度小於水、無臭。
- 化性較烯、烷活潑。

## 五、 芳香烴 (Aromatic hydrocarbons)

### (一) 苯 (Benzene, PhH)

鍵線式 或 ，碳碳鍵級 1.5，具共振結構，故較烯更穩定，碳碳鍵長 1.39Å，介於碳碳雙鍵 1.34Å 與碳碳單鍵 1.54Å 間。

- 俗稱安息油。
- 常溫下為無色、易燃、有特殊氣味的液體，難溶於水。
- 可由煤乾餾所得的煤溶純化而得。
- 有毒，具致癌性。
- 熔點 5.5°C，沸點 80.1°C。
- 可用正己烷經Pt 或 $V_2O_5$  與約 500°C 高溫催化脫四分子氫製備；或用三個乙炔經約 500°C 高溫與石英管催化製備。
- 常用於製藥、塑膠、染料、清潔劑等。

### (二) 萘/併苯 (Naphthalene)

由兩個苯結合成的 fused ring，分子式 $C_{10}H_8$ 。

- 俗稱焦油腦。
- 常溫下為白色片狀、有特殊氣味的晶體固體，難溶於水。
- 熔點 80.5°C，沸點 218°C，具昇華性。
- 可除臭、驅蟲、防腐。

### (三) 脂芳烴

指苯環上接烷、烯、炔取代基者。k 基苯或稱 k 苯。常用於製藥、塑膠、染料、火藥與其他芳香烴。



## 第四節 醣類 (Saccharide)

### 一、 定義

- 除少數例外，如去氧醣（如去氧核糖 $C_5H_{10}O_4$ ）或胺基醣，通式為 $C_m(H_2O)_n$ ，故又稱碳水化合物 (Carbohydrate)。
- 生物化學上定義總碳數小於三者不為醣類。

### 二、 還原糖 (Reducing sugar)

- 還原糖：在鹼性溶液中，能生成醛基或酮基，即具有還原性，的醣類。
- 醛糖：在鹼性溶液中，能生成醛基的醣類。
- 酮糖：在鹼性溶液中，能生成酮基的醣類。
- 例如：所有的單醣、乳糖、麥芽糖、纖維二糖。
- 非還原糖較還原糖反應性低，在生物體內較穩定，適合用於儲存醣類，如蔗糖、海藻糖。
- 斐林試劑：斐林試液 A 為藍色硫酸銅水溶液，斐林試液 B 為酒石酸鉀鈉（或稱羅謝爾鹽）和強鹼氫氧化鈉的無色透明混合溶液，可測得醛基磚紅色沉澱，故可以之測試。
- 本氏液（本尼迪特試劑）：與待測物共熱可測試還原糖，原為淺藍，還原糖愈多顏色愈接近紅。
- 銀鏡反應：利用醛糖或醛類作為還原劑，使多倫試劑 $[Ag(NH_3)_2]NO_3$  的銀離子還原析出銀於玻璃上。

### 三、 單醣 (Monosaccharides)

- 定義：為碳水化合物的基本單位。通常含有三至七個碳原子。
- 無法水解，通常無色，可溶於水，為晶型固體。
- 因含羥基與羰基，具醇、醛或酮的化性。
- 除少數例外，如去氧醣或胺基醣，單醣的通式為 $(CH_2O)_n$ 。
- 有  $k$  個碳的單醣稱  $k$  碳醣，英文用碳數數字前綴，中文用中文數字或對於  $1 \leq k \leq 10$  用天干。

### 四、 三碳醣/丙醣

- 甘油醛
- 二羥基丙酮

### 五、 四碳醣/丁醣

- 赤藻糖

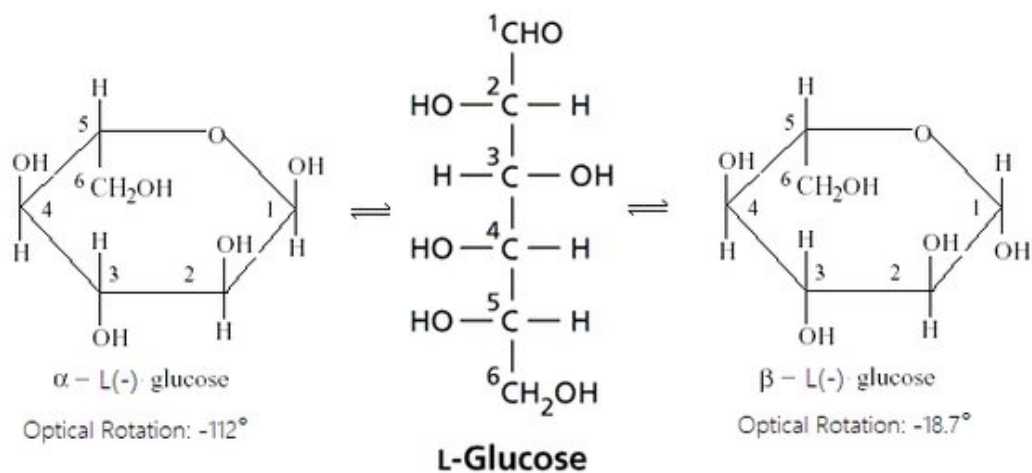
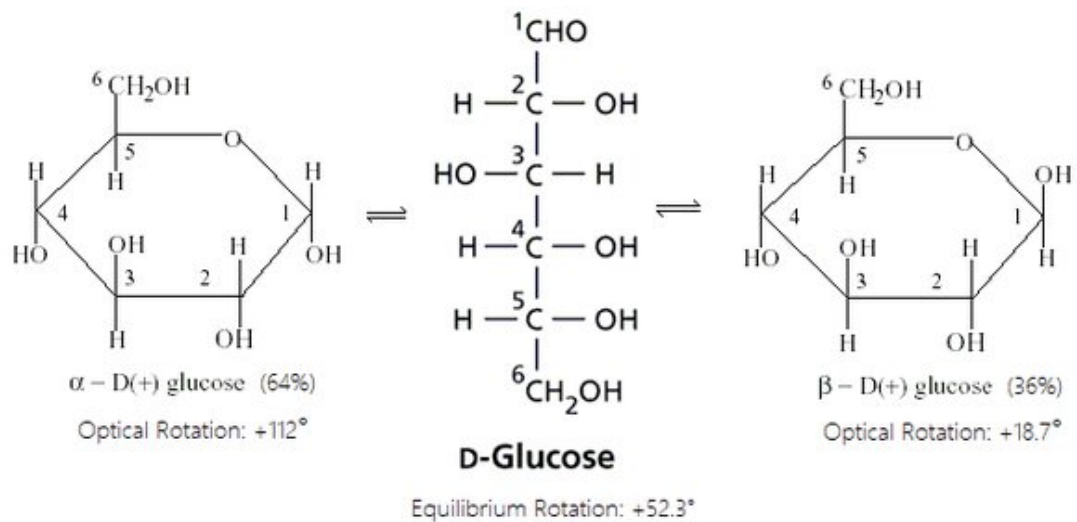
## 六、 五碳糖/戊糖

- 核糖
- 去氧核糖
- 阿拉伯糖
- 木糖
- 來蘇糖

## 七、 六碳糖/己糖

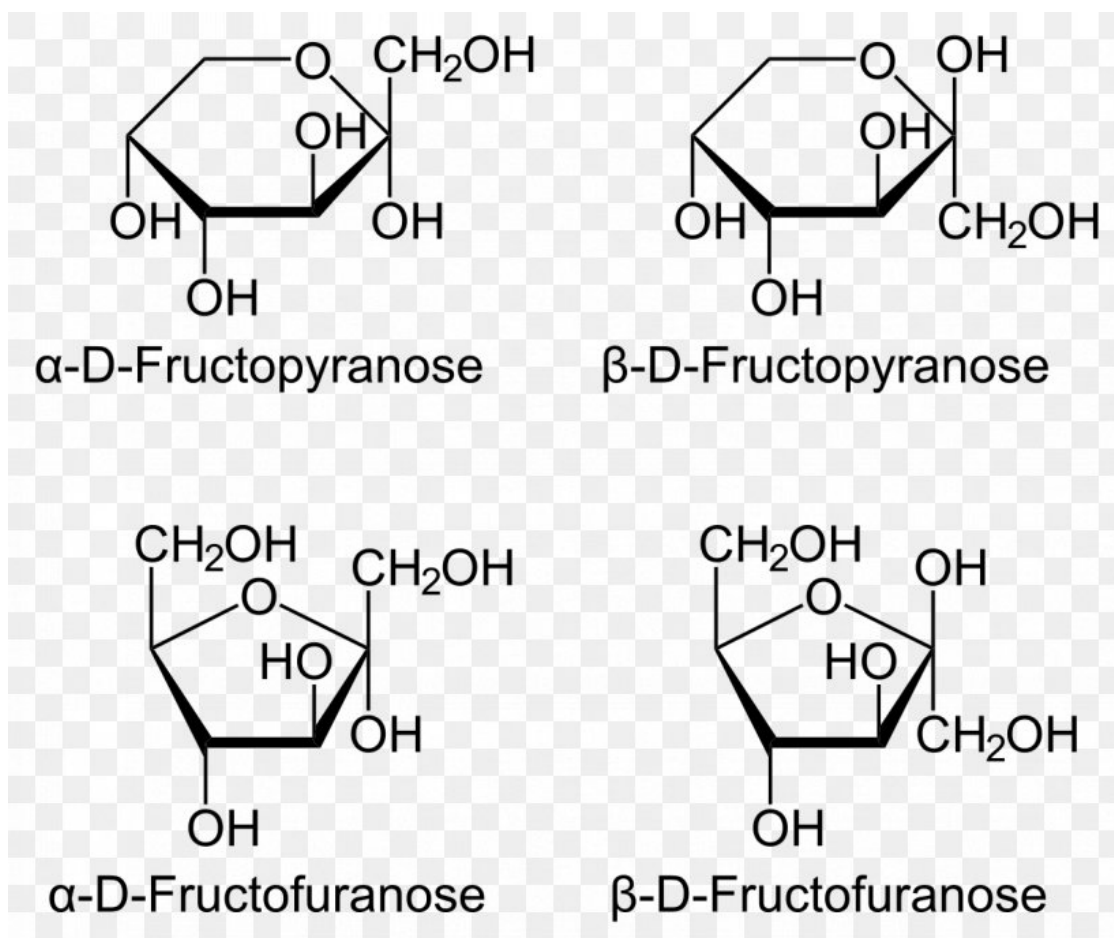
葡萄糖、果糖、半乳糖互為同分異構物，均為 $C_6H_{12}O_6$ 。

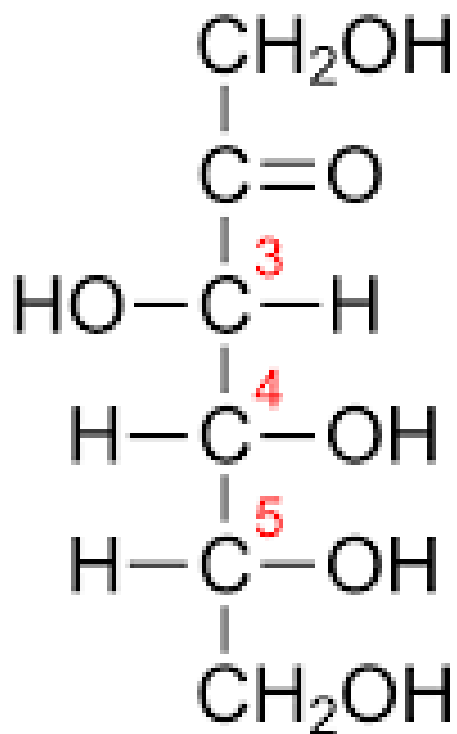
### (一) 葡萄糖 (Glucose)



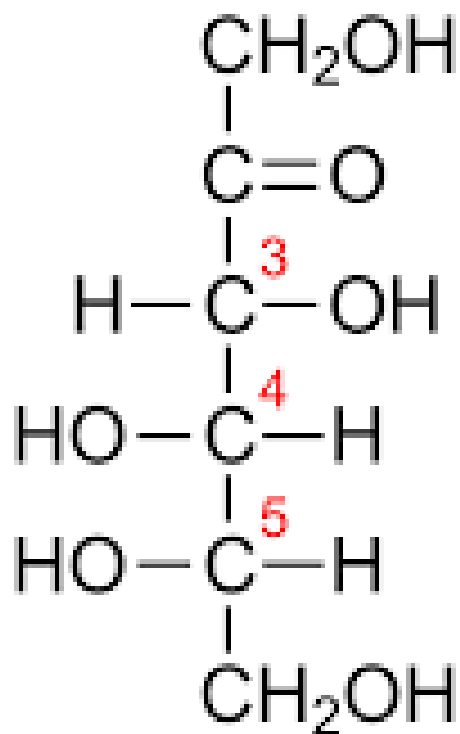
- 為醛糖。
- 結構：直鏈的 D-葡萄糖和 L-葡萄糖互為鏡像異構物，分別可形成環狀的  $\alpha$ -D-葡萄糖、 $\beta$ -D-葡萄糖和  $\alpha$ -L-葡萄糖、 $\beta$ -L-葡萄糖。在水溶液中的比例約為  $\alpha$ -D-葡萄糖 36%、 $\beta$ -D-葡萄糖 64%，其餘極微量。
- 光合作用的產物，是所有生物中最重要糖。新陳代謝的主要能量來源。人體血液中通常含有濃度約 1% 的葡萄糖，稱血糖，濃度恆定。人體通過小腸絨狀突吸收消化後的葡萄糖，進食後增加血糖濃度。
- 葡萄糖胺為葡萄糖中羥被胺基取代後的產物，退化性關節炎用藥維骨力為葡萄糖胺的硫酸鹽。
- 呼吸作用產生 ATP 並釋放較多能量，酵母菌的酒精發酵（一個葡萄糖變兩個乙醇與兩個二氧化碳）與缺氧時的肌肉細胞或酵母菌的乳酸發酵（一個葡萄糖變兩個乳酸）釋放較少能量。
- 葡萄糖提供熱量：4 cal/g。

## (二) 果糖 (Fructose)





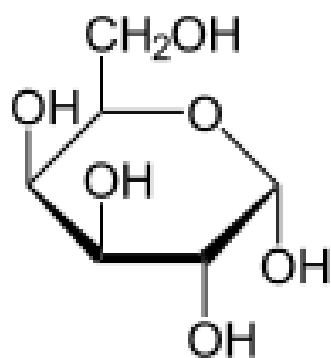
D-Fructose



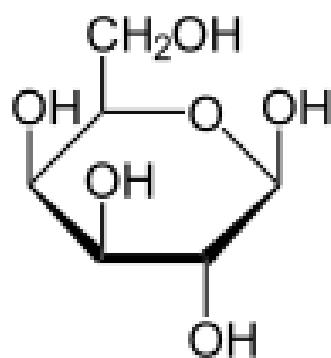
L-Fructose

- 為酮醣。
- 結構：直鏈的 D-果糖和 L-果糖互為鏡像異構物，前者可形成五元環的  $\alpha$ -D-呋喃果糖 ( $\alpha$ -D-Fructofuranose)、 $\beta$ -D-呋喃果糖 ( $\beta$ -D-Fructofuranose) 和六元環的  $\alpha$ -D-吡喃果糖 ( $\alpha$ -D-Fructopyranose)、 $\beta$ -D-吡喃果糖 ( $\beta$ -D-Fructopyranose)。在水溶液中的比例約為  $\beta$ -D-吡喃果糖 70%、 $\alpha$ -D-吡喃果糖 22%、 $\beta$ -D-呋喃果糖 7%、 $\alpha$ -D-呋喃果糖 1%，其餘極微量。
- 主要存在於蜂蜜和水果中。
- 是天然糖中甜度最高的，為蔗糖 1.7 倍。
- 可經肝臟轉換為葡萄糖，或轉換為甘油醛與其他產物。
- 食用果糖後血糖升高較葡萄糖不顯著。
- 可能導致非酒精性脂肪肝病 (NAFLD)、新陳代謝紊亂、心臟病、糖尿病及痛風風險增加。

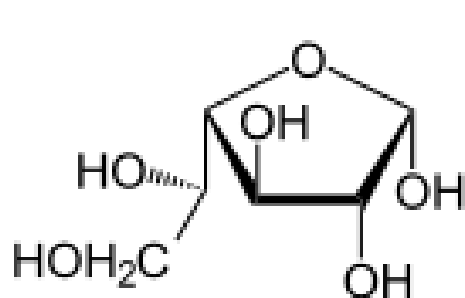
(三) 半乳糖 (Galactose)



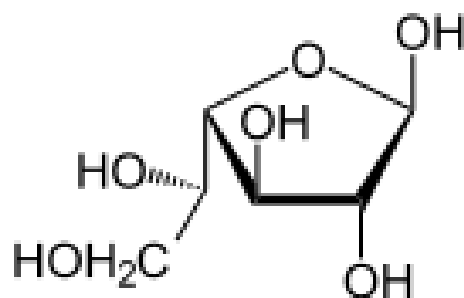
$\alpha$ -D-Galactopyranose



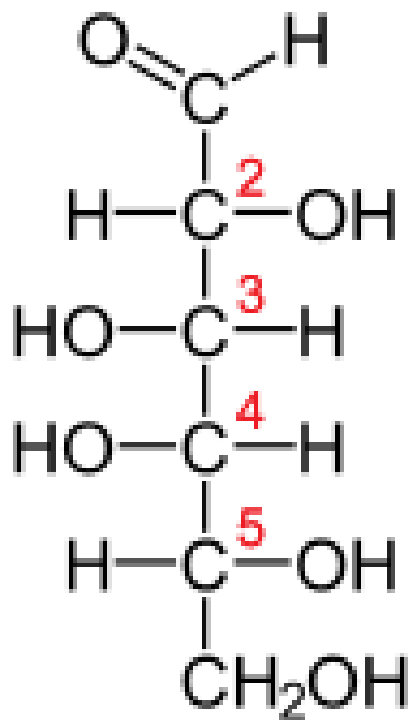
$\beta$ -D-Galactopyranose



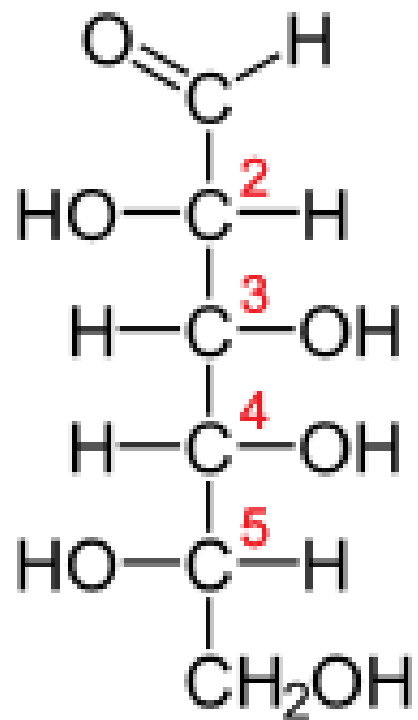
$\alpha$ -D-Galactofuranose



$\beta$ -D-Galactofuranose



D-Galactose



L-Galactose

- 為醛糖。
- 結構：直鏈的 D-半乳糖和 L-半乳糖互為鏡像異構物，前者可形成五元環的  $\alpha$ -D-呋喃半乳糖 ( $\alpha$ -D-Galactofuranose)、 $\beta$ -D-呋喃半乳糖 ( $\beta$ -D-Galactofuranose) 和六元環的  $\alpha$ -D-吡喃半乳糖 ( $\alpha$ -D-Galactopyranose)、 $\beta$ -D-吡喃半乳糖 ( $\beta$ -D-Galactopyranose)。在水溶液中的比例約為  $\beta$ -D-吡喃半乳糖 61%、 $\alpha$ -D-吡喃半乳糖 34%，其餘極微量。
- 在自然界中無法單獨存在，主要來自乳糖的分解。
- 腦組織成分，故是嬰兒大腦發育的重要營養素。人乳中含量高於牛乳，故母乳較牛乳為最佳的嬰兒食品。

#### (四) 其他六碳糖

- 甘露糖
- 鼠李糖
- 艾杜糖

### 八、 七碳糖/庚糖

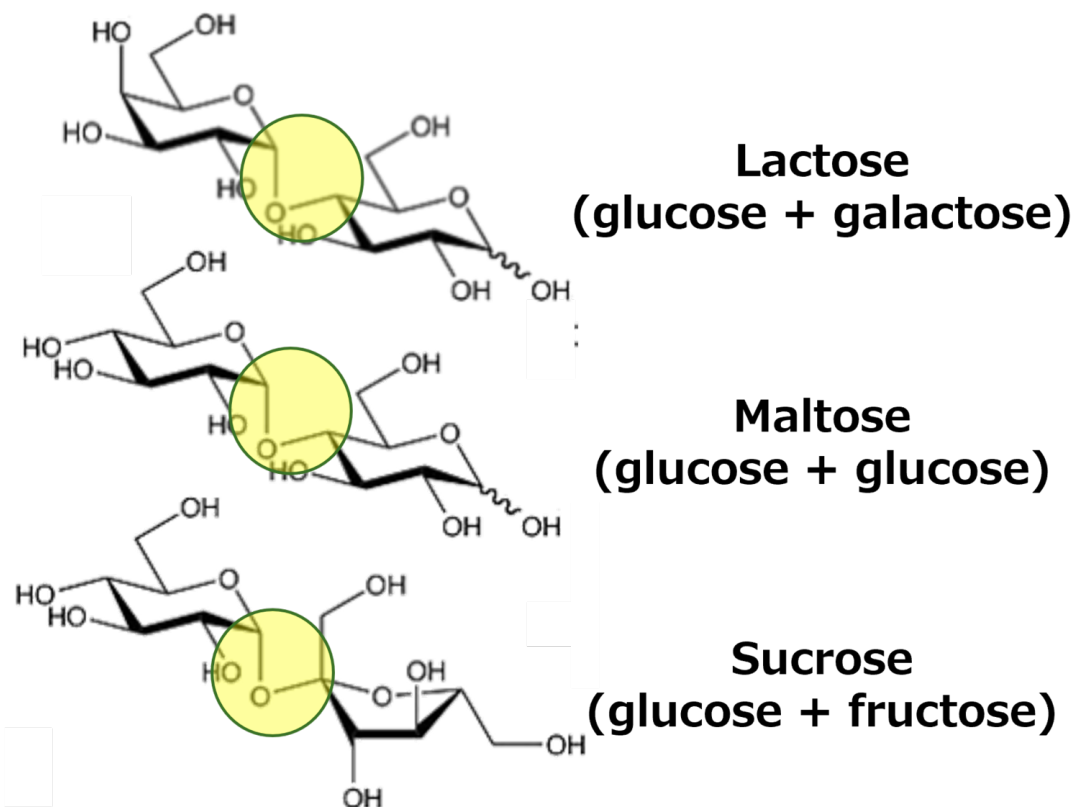
- 景天庚酮糖
- 甘露庚酮糖

## 九、 雙醣 (Disaccharide)

- 定義：兩個單醣分子經縮合反應（脫去一個水分子聚合），形成醣苷鍵，又稱苷鍵、配糖鍵，而成，分解為兩個單醣時亦須一個水分子。可由單醣上的任何氫氧基形成，所以即使合成雙醣的兩個單醣相同，醣苷鍵鍵結位置不同也有不同的物理與化學特性。
- 部分可溶於水，部分有甜味，部分為結晶或黏稠漿狀。

## 十、 兩個六碳糖縮合

麥芽糖、蔗糖、乳糖互為同分異構物，均為 $C_{12}H_{22}O_{11}$ 。



SrKellyOP, 2021.

### (一) 蔗糖 (Sucrose)

- 結構： $\alpha$ -D-葡萄糖-(1 $\rightarrow$ 2)- $\beta$ -D-果糖。
- 非還原糖。
- 製造蔗糖的主要原料是甘蔗和甜菜。
- 冰糖、砂糖、紅糖主成分。
- 白色晶體，易溶於水。
- 體內以蔗糖酶分解。

- 385kcal/g。
- 被口腔細菌分解後產生酸性物質造成蛀牙風險。

## (二) 麥芽糖 (Maltose)

- 結構： $\alpha$ -D-葡萄糖-(1 $\rightarrow$ 4)-D-葡萄糖。
- 還原糖。
- 主要存在於麥芽中。
- 無色晶體，易溶於水。
- 澱粉水解的產物之一。
- 體內以麥芽糖酶分解。
- 常作為食品添加劑、製作糖果。

## (三) 乳糖 (Lactose)

- 結構： $\beta$ -D-半乳糖-(1 $\rightarrow$ 4)-D-葡萄糖。
- 還原糖。
- 主要存在於動物乳汁中，是唯一來自動物的常見糖。
- 有利生物對鈣離子的吸收。
- 體內以乳糖酶分解。

## (四) 海藻糖 (Trehalose)

- 結構： $\alpha$ -D-葡萄糖-(1 $\rightarrow$ 1)- $\alpha$ -D-葡萄糖。
- 非還原糖。

## (五) 幾丁二糖 (Chitobiose)

- 結構： $\beta$ -D-乙醯葡萄糖胺-(1 $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -D-乙醯葡萄糖胺。
- 還原糖。

## (六) 纖維二糖 (Cellobiose)

- 結構： $\beta$ -D-葡萄糖-(1 $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -D-葡萄糖。
- 還原糖。
- 兩個葡萄糖胺



## 十一、寡糖 (Oligosaccharide)

- 定義：三到十（含）個單糖分子脫水聚合而成，又稱低聚糖。
- 具甜味但較單、雙糖低，熱量亦較等質量的單、雙糖低，約 150kcal/g，常作為健康飲料添加物。
- 不易被人體分解、吸收。
- 口腔細菌無法分解，故不會造成蛀牙。
- 可促進排便與腸道益生菌生長，進而抑制有害菌，維持消化道健康。
- 可由澱粉及雙糖經生化技術與酵素反應製得。
- 存在於大蒜、洋蔥、牛蒡、蘆筍、大豆、番茄、香蕉等。
- 例如果寡糖。

## 十二、多糖 (Polysaccharide)

- 定義：十一個以上單糖分子脫水縮合而成。
- 無甜味，不溶於水，但可形成膠體溶液。
- 非還原糖。
- 不能通過細胞膜，不可直接被吸收，須先水解成單糖才能被細胞吸收利用。
- 具儲存能量和組成結構作用的重要生物高分子。
- 均一多糖：由一種單糖分子縮合而成的多糖。否則稱不均一多糖。

## 十三、葡萄糖組成的均一多糖

- 通式： $C_6H_{10}O_{5n}$ 。

### (一) 澱粉 (Starch)

- 主要存在於大米、玉米、芋頭等植物中。綠色植物進行光合作用形成葡萄糖，然後聚合成澱粉。
- 測試：遇 $I_2$  呈深藍色。用碘液（碘與碘化鉀的混合液，含 $K^+$ 、 $I^-$ 、 $I_3^-$ 、 $I_2$ ）測試由黃褐色變為深藍色。
- 水解：在與酶或稀酸進行催化反應時，澱粉將水解為較小分子量的多糖——糊精，然後水解為麥芽糖，最終水解成為葡萄糖。
- 可作為酒精發酵的來源。

## (二) 肝醣 (Glycogen)

- 又稱動物澱粉 (Animal starch)，是動物體內的能量儲存物質，儲存於肝臟和肌肉中，當葡萄糖供應不足時，可立即水解為血糖。
- 結構含有支鏈。

## (三) 纖維素 (Cellulose)

- 植物細胞壁的主要成分，是自然界中最廣泛分布和最豐富的多醣。
- 人體無法分解或吸收它，但它可以幫助腸胃蠕動並清潔腸道。
- 反芻動物的瘤胃中可分解之。

## 十四、 乙醯葡萄糖胺組成的均一多醣

### (一) 幾丁質 (Chitin)

- 結構似纖維素，但因含氮故強度較高。
- 又稱甲殼素。存在於節肢動物的外骨骼與真菌的細胞壁中。

## 十五、 甜味劑

### (一) 相對甜度

- 果糖：173
- 蔗糖：100
- 葡萄糖：74
- 麥芽糖：40
- 半乳糖：32
- 乳糖：16

### (二) 反式糖漿

- 原料：蔗糖。
- 製造過程：蔗糖加熱和酸分解成葡萄糖和果糖，形成反式糖。
- 含有果糖和葡萄糖，因此不容易形成晶體，處於黏稠的液體狀態，具有透明、液體和價格便宜的特性，比傳統蔗糖應用範圍更廣。

### **(三) 精製糖**

- 原料：甘蔗。
- 生長期：需經一至一年半的生長才能收成和利用。
- 製造過程：甘蔗採收後切段，榨取汁，經清潔、脫色、濃縮、結晶和糖漿分離處理。
- 種類：根據蔗糖的純度，可分為黑糖、白糖、冰糖等。

### **(四) 高果糖糖漿 (High fructose syrup, HFCS)**

- 原料：玉米。
- 生長期：僅需兩到三個月即可收成。
- 製造過程：酵素將玉米澱粉水解成葡萄糖，部分轉化為果糖。
- 含有果糖和葡萄糖，因此不容易形成晶體，處於黏稠的液體狀態，具有透明、液體和價格便宜的特性，比傳統蔗糖應用範圍更廣。
- 種類：常見有 HFCS-42 和 HFCS-55。

## 第五節 核酸 (Nucleic acid)

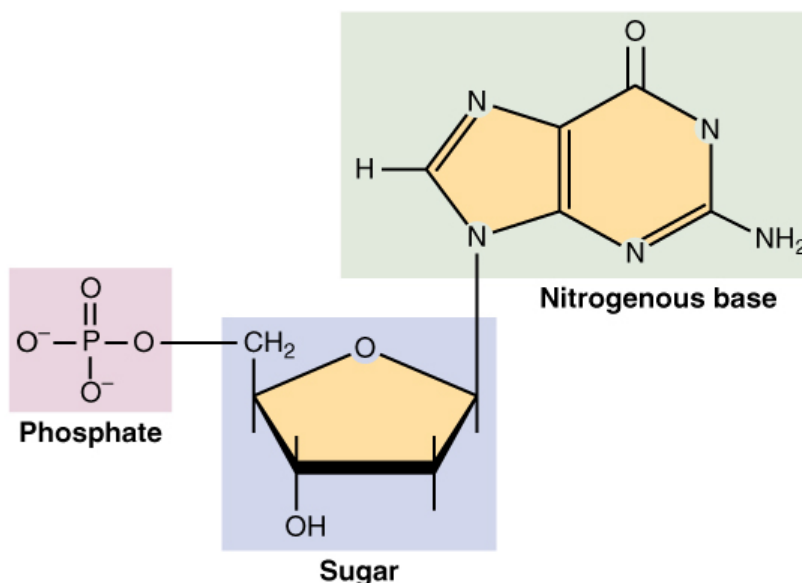
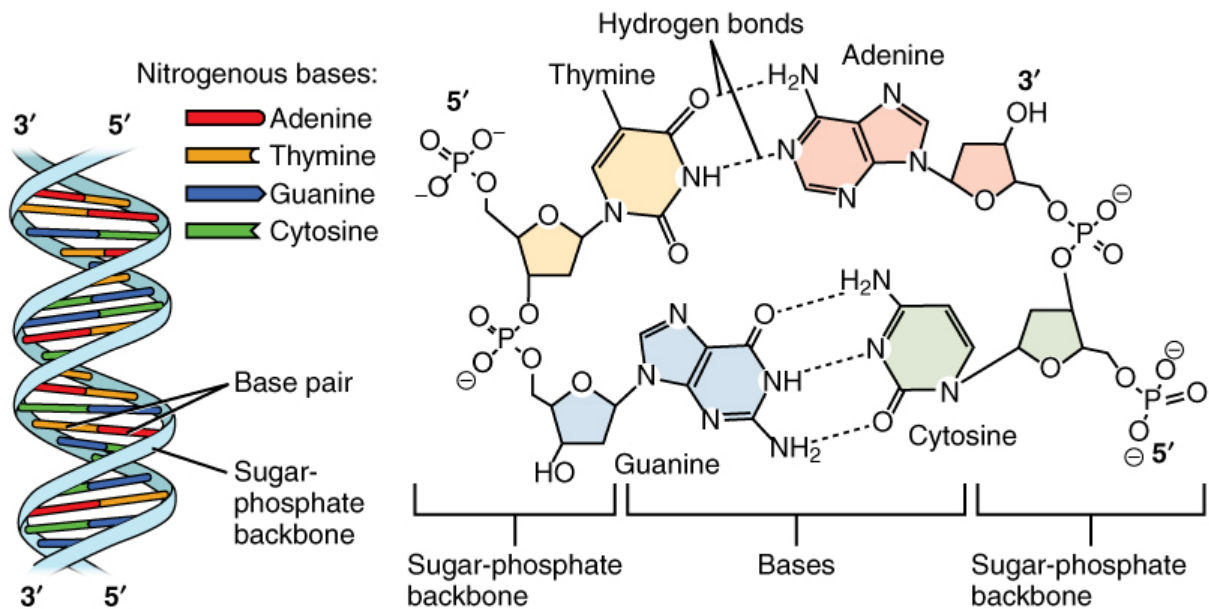
核酸指由核苷酸 (Nucleotides) 序列縮合聚合而成的長鏈狀雙鏈螺旋結構聚合物。為一種通常位於細胞核內大型的生物有機分子，存在於所有生物，具有編碼、傳遞及表達遺傳信息的功能。

### 一、 核苷酸 (Nucleotide)

由一個核糖或去氧核糖、一個含氮鹼基、一個或多個磷酸基團組成，其中核糖或去氧核糖含 C、H、O，加入含氮鹼基為核苷或去氧核苷，含 C、H、O、N，加入磷酸根為核苷酸或去氧核苷酸，含 C、H、O、N、P，聚合後為核糖核酸或去氧核糖核酸。

### 二、 去氧核糖核酸 (Deoxyribonucleic acid, DNA)

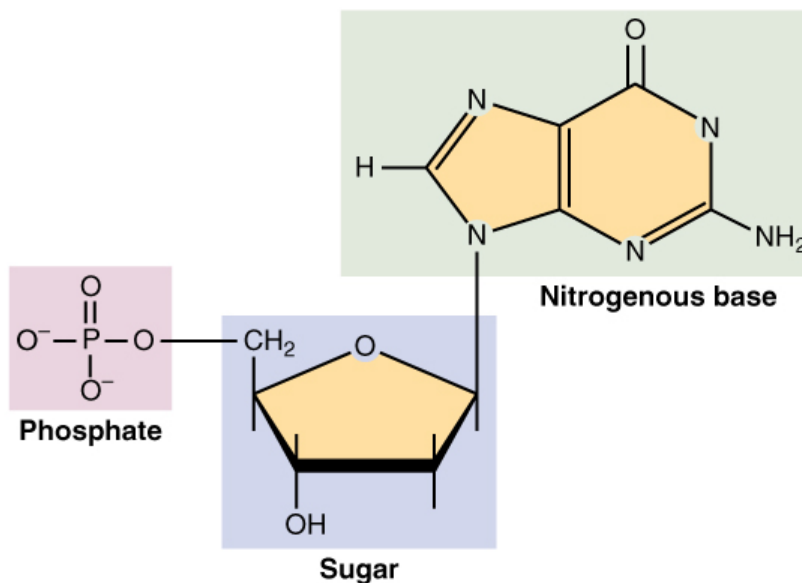
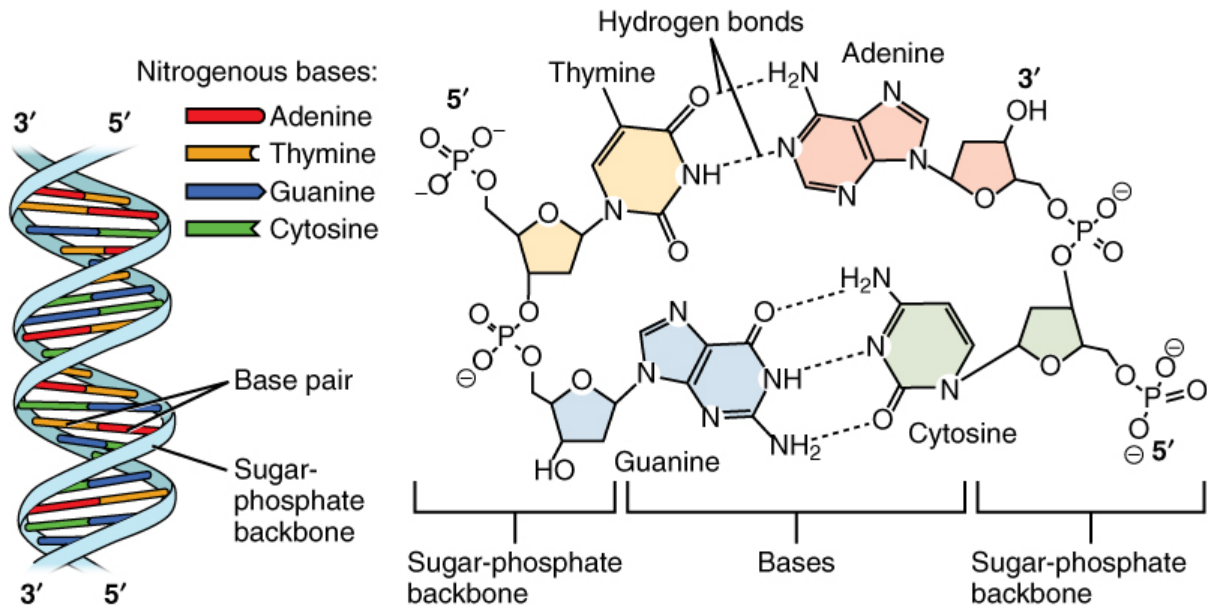
含氮鹼基包括 A 腺嘌呤，C 胞嘧啶，G 鳥嘌呤和 T 胸腺嘧啶。為雙股螺旋結構分子，大多是鏈狀結構大分子，少部分呈環狀結構，分子量一般都很大。主要功能是資訊儲存，可組成遺傳指令。



OpenStax, 2016.

### 三、 核糖核酸 (Ribonucleic acid, RNA)

含氮鹼基包括 A 腺嘌呤，C 胞嘧啶，G 鳥嘌呤和 U 尿嘧啶。為單股螺旋結構分子，分子量一般較 DNA 小很多。主要功能是遺傳資訊的翻譯與表達，合成蛋白質。

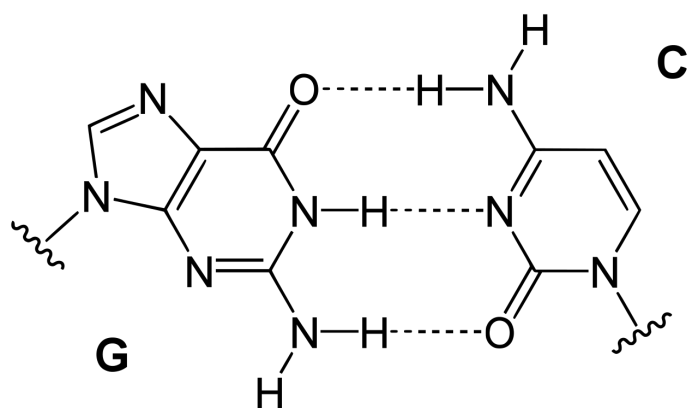
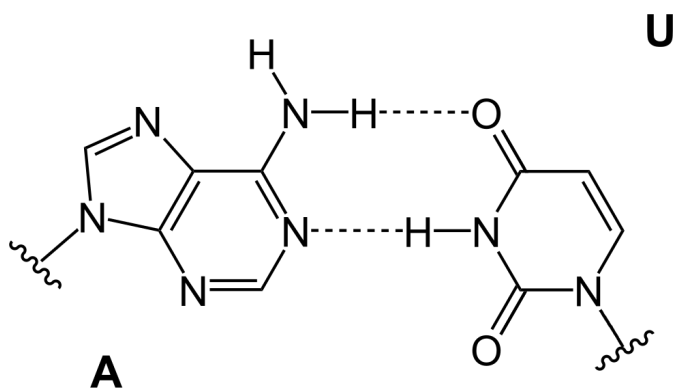
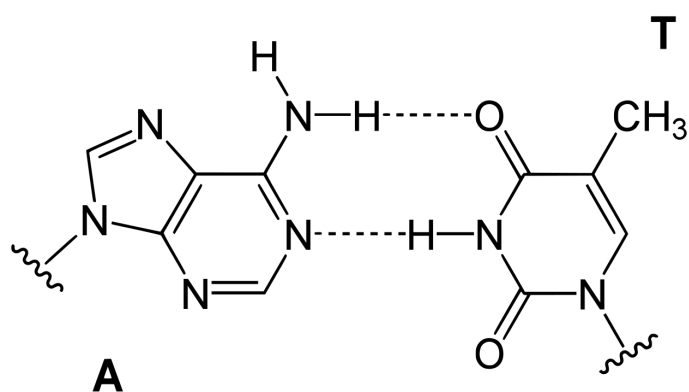


Narayanese, 2007.

### 四、 含氮鹼基互補配對原則 (Complementary pairing principle of nitrogen-containing bases)

- RNA 有四種核苷酸：AMP、UMP、CMP 與 GMP。其中腺嘌呤 A 與以兩個氫鍵與尿嘧啶 U 配對、胞嘧啶 C 以三個氫鍵與鳥糞嘌呤 G 配對，稱鹼基對。

- DNA 有四種核苷酸：dAMP、dTMP、dCMP 與 dGMP。腺嘌呤 A 與以兩個氫鍵與胸腺嘧啶 T 配對、胞嘧啶 C 以三個氫鍵與鳥糞嘌呤 G 配對，稱鹼基對。



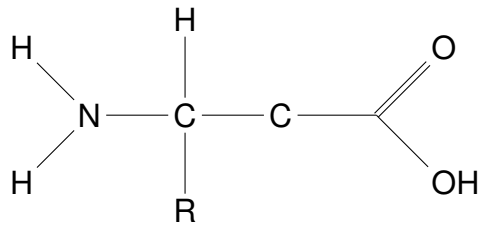
## 第六節 蛋白質 (Protein)

### 一、 胺基酸 (Amino acid)

- 碳代號：胺基酸都有連接在同一碳原子上的胺基 (NH<sub>2</sub>) 和羧基 (COOH)。碳的代號以分子中兩個或更多功能基團的相對位置命名。最靠近羧基的第一個碳原子命名為  $\alpha$  碳，旁邊的第二個

碳原子命名為  $\beta$  碳，接下來是  $\gamma$  碳、 $\delta$  碳等。胺基酸的胺基連接在  $\alpha$  碳上稱  $\alpha$ -胺基酸 ( $\alpha$  胺基酸)，連接在  $\beta$  碳上稱  $\beta$ -胺基酸 ( $\beta$  胺基酸)，以此類推。

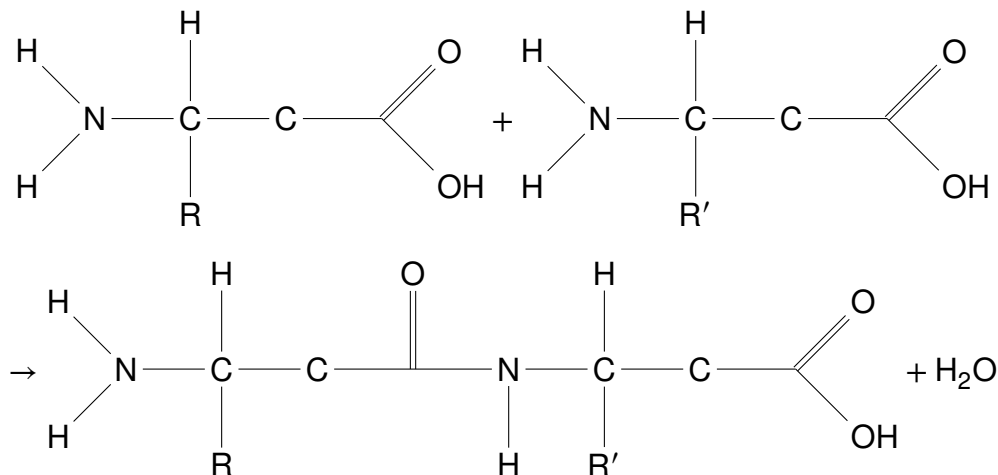
- $\alpha$ -胺基酸之通式： $\text{H}_2\text{NCH(R)COOH}$



- 蛋白質胺基酸：大多數蛋白質由約 20 種胺基酸中的數種為單體，進行縮合聚合反應形成的聚合物。蛋白質胺基酸如：甘胺酸 (Glycine)、丙胺酸 (Alanine)、纈胺酸 (Valine)、亮胺酸 (Leucine)、異亮胺酸 (Isoleucine)、苯丙胺酸 (Phenylalanine)、色胺酸 (Tryptophan)、酪胺酸 (Tyrosine)、天門冬胺酸 (Aspartate)、組織胺酸 (Histidine)、天門冬醯胺 (Asparagine)、麩胺酸 (Glutamate)、賴胺酸 (Lysine)、谷胺醯胺 (Glutamine)、甲硫胺酸 (Methionine)、精胺酸 (Arginine)、絲胺酸 (Serine)、蘇胺酸 (Threonine)、半胱胺酸 (Cysteine)、脯胺酸 (Proline) 等，均為  $\alpha$ -胺基酸，故在生物學中，胺基酸通常特指  $\alpha$ -胺基酸。
- 甘胺酸 (Glycine，簡寫為 Gly 或 G)：即胺基乙酸，為側鏈是一個氫原子的  $\alpha$ -胺基酸。是蛋白質胺基酸中分子量最小者，為白色或淺黃色晶體，易溶於水，有甜味。

## 二、 (胜) 肽

- 醯胺鍵/肽鍵 (Peptide bond)：胺基酸的羧基與另一個胺基酸的胺基脫水鍵結時形成的共價鍵。反應式：



- 肽與蛋白質：兩個胺基酸分子脫去一水分子聚合稱二 (胜) 肽；三個胺基酸分子脫去二水分子聚合稱三 (胜) 肽；二至六個胺基酸分子脫水聚合稱寡肽；四以上個胺基酸分子脫水聚合且分子量小於 5808 者稱多 (胜) 肽；四以上個胺基酸分子脫水聚合且分子量大於等於 5808 者稱蛋白質。分子量 5808 係來自於人類之胰島素 (Insulin) 分子量 5808。

## 三、 必須胺基酸 (Essential amino acids)

- 必須胺基酸：形成蛋白質的約 20 種胺基酸中，有 9 種是人體無法自行合成的，分別是苯丙胺酸 (Phenylalanine)、纈胺酸 (Valine)、色胺酸 (Tryptophan)、甲硫胺酸 (Methionine)、異

亮胺酸 (Isoleucine)、亮胺酸 (Leucine)、離胺酸 (Lysine)、蘇胺酸 (Threonine)、組胺酸 (Histidine)，稱必須胺基酸，其餘 11 種蛋白質胺基酸稱非必須胺基酸。

- 完整蛋白質：包含所有必需胺基酸的蛋白質稱完整蛋白質，其他蛋白質稱不完整蛋白質。
- 含有完整蛋白質的食物包括肉、魚、蛋、牛奶、大豆、藜麥、蕎麥等。大多數植物蛋白質含有不完整蛋白質，如穀物、玉米和豌豆。穀物中的賴胺酸相對較少，大豆中則含有較少的甲硫胺酸，可以互補。

## 四、 生物

- 蛋白質提供熱量：4 cal/g。
- 生物結構：蛋白質構成生物組織的重要成分，如毛髮、蹄角、皮膚、肌肉、指甲、羽毛、種子（如花生、蠶豆、黃豆）、血紅素 (Hb)、酶、激素和抗體。
- 消化：食物中的蛋白質進入消化道後，最終分解為胺基酸。之後，身體使用胺基酸作為原料形成各種結構和大小的蛋白質。
- 蛋白質攝取量：根據膳食參考攝取量第 8 版，成年人的建議蛋白質攝取量為每公斤體重 1.1 克。

## 五、 蛋白質變性 (Protein denaturation)

- 變性與水解不同的是，變性不涉及蛋白質一級結構的變化（如肽鍵斷裂），只是維繫蛋白質高級結構的次級鍵被嚴重破壞。
- 使蛋白質變性的方式如：高溫、極端低溫、酸、鹼、重金屬離子、有機溶劑（如甲醛、尿素、酒精）、高強度輻射（如紫外線）等。
- 凝固：蛋白質加熱或加入酒精會造成蛋白質變性而凝固，乳品的高溫殺菌即為之。
- 狂牛症：普里昂蛋白變性所引發的疾病。

## 六、 檢測方法

### (一) 黃蛋白反應 (Xanthoproteic reaction) / 薑黃反應

具芳香環的蛋白質，遇濃硝酸變性形成白色沉澱，受熱時變黃；遇氨水 ( $\text{NH}_3(\text{aq})$ ) 呈橙色。可檢測尿蛋白。

### (二) 茚三酮反應 (Ninhydrin reaction) / 寧海準反應

所有胺基酸及具有游離  $\alpha$ -氨基的肽與茚三酮反應都產生藍紫色亞胺衍生物，只有脯氨酸與茚三酮反應產生黃色物質。在法醫學上，使用茚三酮反應可採集嫌疑犯在犯罪現場留下來的指紋，因為手汗中含有多種胺基酸，遇茚三酮後起顯色反應。



### (三) 梅納反應 (Maillard reaction) /梅拉德反應/羰胺反應

指食物中醣類與胺基酸或蛋白質在常溫或加熱時發生的一系列非酶褐變反應，生成棕黑色的大分子物質類黑精（或稱擬黑素），以及具有不同氣味的中間體分子，包括還原酮、醛和雜環化合物等。

### (四) 米倫反應 (Millon reaction)

含有酚的蛋白質溶液中加入米倫試劑（亞硝酸汞、硝酸汞及硝酸的混合液），會發生沉澱，加熱則變為磚紅色沉澱。

### (五) 雙縮脲試劑

先加入雙縮脲試劑 A（氫氧化鈉溶液），振盪均勻以營造鹼性環境，再加入雙縮脲試劑 B（硫酸銅與酒石酸鉀鈉的混合溶液），振盪均勻。若含有具二個以上醯胺鍵的蛋白質，溶液變成紫色，顏色深淺與蛋白質濃度成正比。

## 第七節 脂類

### 一、 定義

- 脂肪酸 (Fatty acids)：由碳、氫氧組成且碳數為 4 至 28 個且碳數為偶數的長鏈羧酸 (RCOOH)。在自然界中，脂肪酸的碳鏈長度變化很大，最常見的是 16、18 和 20 個碳。
- Fatty acyls：脂肪酸與其綴合物與衍生物之總稱。
- 甘油酯 (Glycerolipids)：單、二、三酸甘油酯，以甘油（丙三醇）為骨架，單、二、三酸指一、二、三個羥基被脂肪酸取代。
- 狹義油脂：三酸甘油酯的混合物。
- 廣義油脂：脂肪酸的任何酯。
- 脂溶性分子 (fat-soluble molecule)：溶於油脂的分子。
- 甘油磷脂 (Glycerophospholipids)：甘油酯的其中一個脂肪酸被磷酸基團取代，如卵磷脂/磷脂酰膽鹼 (Phosphatidylcholine)、磷脂乙醇胺 (Phosphatidylethanolamine)。
- (神經) 鞘脂 (sphingolipids)：含有 (神經) 鞘胺醇 (Sphingosine) 骨架且部分羥基被脂肪酸取代的脂溶性分子。
- 腺烷/甾 zāi 烷/腺甾烷 (Gonane)： $C_{17}H_{28}$ ，環戊基全氫菲。
- 固醇 (sterol) /甾醇： $C_{17}H_{28}O$ ，腺烷的 3 號碳上的氫被羥基取代。
- 類固醇 (steroid) /甾體/類甾醇/甾族化合物/美國仙丹：任何自腺烷附加和/或取代官能基的化合物。
- 異戊烯醇 (Prenol)：3-methyl-2-buten-1-ol。
- 醣脂 (Saccharolipid)：脂肪酸取代單醣主鏈上的一些官能基的化合物。

- 聚酮 (Polyketides)：由交替的酮（或其還原形式）組成鏈的化合物。
- 脂類 (Lipid)：Fatty acyls、甘油酯、甘油磷脂、鞘脂、固醇、異戊烯醇、醣脂、聚酮的總稱。
- 磷脂 (Phospholipids)：含磷酸基團的脂類，如甘油磷脂與鞘磷脂。

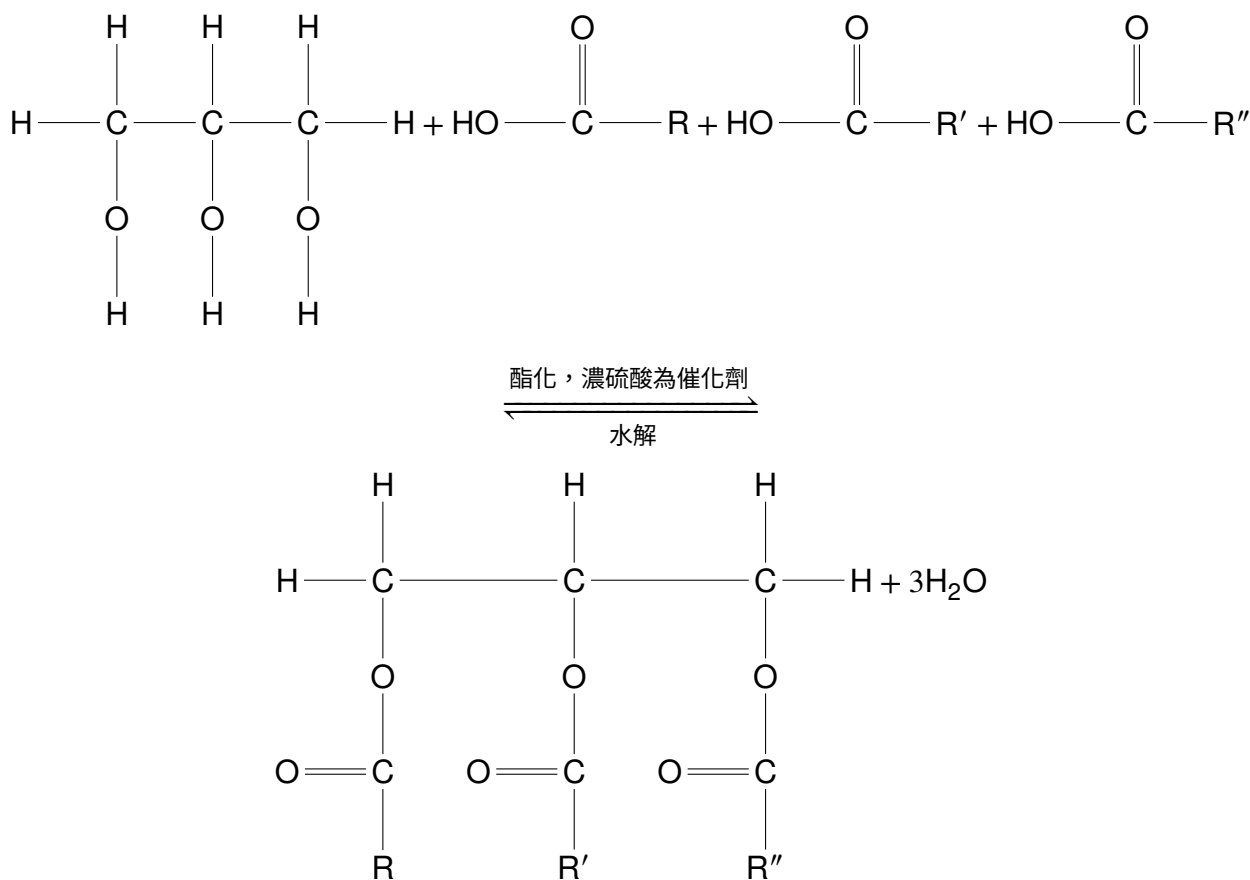
## 二、 三酸甘油酯 (Triglyceride)

### (一) 特性

- 中性。難溶於水，可溶於汽油、苯等有機溶劑。
- 可以與酸和鹼反應。
- 可經皂化反應製作肥皂。
- 澄清無臭無味。
- 油脂為混合物。

### (二) 酯化反應

酯化反應，羧基提供 OH，醇基提供 H，形成水。



### (三) 碳鏈

### (四) 飽和與不飽和脂肪酸

- 定義：脂肪酸碳鏈無雙鍵者稱飽和脂肪酸，有雙鍵稱不飽和脂肪酸。

- 單/多元不飽和脂肪酸：不飽和脂肪酸只包含一雙鍵稱單（元）不飽和脂肪酸，包含更多雙鍵者則稱多（元）不飽和脂肪酸。
- 狀態：脂肪的飽和度影響其狀態，愈飽和者，分子愈緊密，分子間作用力愈強，愈穩定，愈耐高溫，熔點愈高。
- 動物性脂肪：飽和度通常較高，如豬油約為 40% 飽和、50% 單元不飽和、10% 多元不飽和，故常溫為固態，稱脂肪（Fat）（惟脂肪有時也指油脂之通稱，無論常溫之相態）。例外者如，魚油飽和度較一般動物性脂肪低，常溫下為液態。
- 植物性脂肪：飽和度通常較低，故常溫為液態，稱油（Oil）。例外如，椰子油和棕櫚油飽和度較一般植物性脂肪高，略低於常溫即成固態。
- 氧化分解：因為碳碳雙鍵更活躍，更容易氧化，因此不飽和脂肪酸較易氧化。脂肪酸分解產生一些分子量較小、揮發性較高的化合物，如醛、酮和酸。受光照射時，氧化速率增加。因此，不飽和油最好放在不透明的容器中或存放在櫥櫃中。
- 健康：飽和脂肪酸性質較安定，但攝取過量易導致心血管疾病。不飽和脂肪酸遇高溫易氧化酸敗，但有助於降低總膽固醇量。

## （五） 碘價

碘價，指與碘反應，每 100 克樣品消耗的碘質量被定義為碘價，可用於測量脂肪酸的不飽和度。碘價越高，碳碳雙鍵越多，穩定性越低，不飽和度愈高。故，油炸宜用碘價低且不飽和度低的油，如豬油，方不容易變質；低溫烹飪，可以使用碘價高且不飽和度高的油，如葡萄籽油、亞麻籽油等。

## （六） 酸敗

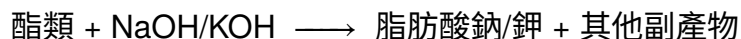
- 酸敗：油脂暴露於空氣遇水分解，並生成具特殊臭味的有機酸。
- 酸價：中和 1 克油所需的氫氧化鉀毫克數。代表油中游離脂肪酸的含量。高溫下，油容易與空氣和水反應，釋放游離脂肪酸，使酸價上升，產生更多的過氧化物或總極性化合物，更容易引起癌症和肝病。

## （七） 反式脂肪

- 反式與順式雙鍵：若雙鍵碳上的兩個氫原子位於不同側，稱為反式雙鍵，否則稱為順式雙鍵。
- 反式脂肪：含有反式雙鍵的脂肪稱為反式脂肪（Trans fats）。
- 自然界中的反式脂肪：自然界中的不飽和脂肪酸多為順式脂肪（Cis fat），天然的反式脂肪酸只微量存在於反芻動物的脂肪和乳汁中，是其胃中某些細菌合成的。
- 氫化反應：由薩巴第埃發明，可增加液態植物油中飽和脂肪酸的比例，製成人造奶油（又稱植物奶油、瑪琪琳），提高熔點與穩定性，使其不易變質與延長保存期限。反式脂肪為氫化過程的一個中間產物，因反式雙鍵的分子能量較低且更穩定。不完全氫化油/部分氫化油中含有較多反式脂肪，完全氫化油則否。

- 健康：反式脂肪比飽和脂肪更易增加罹患冠狀動脈疾病、高血脂、脂肪肝等的風險，故衛福部食藥署規範所有食品應明確標示反式脂肪含量，得以零標示之條件為「每 100 克食品內所含總脂肪不超過 1.0 克，或每 100 克食品內所含反式脂肪量不超過 0.3 克。」，且食品中不得使用不完全氫化油。

### 三、皂化反應



以皂化通常使用的甘油酯為例：



皂化反應為較慢的放熱反應。可加入酒精作為溶劑使混合充分。

## 第八節 界面活性劑

界面活性劑：又稱表面活性劑，指同時具有親水端與親油端（疏水端）的分子。如起雲劑和清潔劑。

### 一、原理

#### (一) 界面活性劑

界面活性劑具有親水基團和親油（疏水）基團的結構，前者如離子端，後者如長鏈端，使其既溶於水又溶於油，可降低兩液體間或液體和固體間表面張力。超過一定濃度時，界面活性劑於水中會聚集成球狀結構，稱微胞（Micelle），微胞外部為親水端、內部為親油端，故微胞可溶於水且可將油滴溶於其內部，使油滴互斥形成乳液，稱乳化，使原本不互溶的油與水不再分層。清潔劑的泡沫。

#### (二) 清潔

- 介面活性劑可降低表面張力，使水溶液易於滲入纖維或污垢。
- 泡沫的產生是由於界面活性劑在水中被攪拌或碰撞時形成薄液膜，包圍住氣體而產生氣泡。
- 清潔織物時，親水端溶於水中降低表面張力，水分分散並深入織物，親油端深入油汙，攪動使大油滴分解成小油滴，微胞互相排斥形成乳液。
- 碳鏈 R 長度愈短，吸附油汙能力愈差，洗滌效果愈差。令主碳鏈為  $C_m H_{2m+1}$ ，則  $12 \leq m \leq 18$  者清潔能力較佳。
- 病毒外層多包覆一層磷脂質與蛋白質組成的包膜，與界面活性劑接觸夠久（一般約 20 秒以上）可溶解磷脂質，消滅病毒。

### 二、依碳鏈為非、陰或陽離子分類

- 非離子界面活性劑：如單月桂酸甘油酯，存在於一些植物，常作為殺菌劑與消炎劑，添加到食品、化妝品等中。

- 陽離子界面活性劑：常用作織物柔軟劑，摻入洗衣精中，消除衣物的負靜電荷。如十八烷基三甲基氯化銨 $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{17}\text{N}(\text{CH}_3)_3\text{Cl}$ 。
- 陰離子界面活性劑：常添加在肥皂、洗髮精和牙膏中，作為發泡劑。如十二烷基硫酸鈉（Sodium dodecyl sulfate, SDS）/月桂基硫酸鈉（Sodium lauryl sulfate SLS） $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{11}\text{OSO}_3\text{Na}$ 、十八酸鈉/硬脂酸鈉 $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COONa}$ 。
- 兩性界面活性劑：同時帶有陰離子和陽離子基團，具有耐濃酸、鹼、鹽的特性，良好的乳化性、分散性、抗靜電性與殺菌性，廣泛用於沐浴乳、洗手液、泡沫洗面劑等。如椰油醯胺丙基羥磺基甜菜鹼。

### 三、清潔劑

#### (一) 軟性與硬性清潔劑

- 軟性清潔劑：直碳鏈而無支鏈者。可被細菌分解，無泡沫汙染。市面上多為此種。
- 硬性清潔劑：有支鏈者，難被細菌分解，有泡沫汙染，降低水中溶氧量。計算  $\text{BOD}_5$  時，支鏈碳視為不分解。

#### (二) 肥皂

- 肥皂：指脂肪酸鈉/鉀鹽類，即 $\text{RCOOM}$ ，其中 R 為烷基，M 為 Na 或 K。如硬脂肪酸鈉 $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COONa}$ 。呈弱鹼性。
- 皂垢：肥皂遇硬水會反應形成硬脂肪酸鈣（鈣皂）和硬脂肪酸鎂（鎂皂）白色固體沉澱，稱皂垢，故肥皂無法在硬水中正常使用。
- 酸性環境：肥皂遇酸性環境會中和形成  $\text{RCOOH}$ ，失去清潔能力。

#### (三) 合成清潔劑

由石化原料製成。中性或極弱鹼性。分為烷基磺酸鹽類與烷基硫酸鹽類。遇硬水、酸性環境均可正常使用。

常見合成清潔劑分為：

- 烷基磺酸鹽（Alkylbenzene sulfonates, ABS）： $\text{R}(\text{C}_6\text{H}_5)\text{SO}_3\text{M}$ ，其中 R 為烷基，M 為 Na 或 K。
  - 直鏈烷基磺酸鹽（Linear alkylbenzene sulfonate, LAS）：R 無支鏈，如十二烷基磺酸鈉 $\text{C}_{12}\text{H}_{25}(\text{C}_6\text{H}_5)\text{SO}_3\text{Na}$ 。
  - 支鏈烷基磺酸鹽（Branched alkylbenzene sulfonates, BAS）：R 有支鏈。
- 烷基硫酸鹽類： $\text{ROSO}_3\text{M}$ 。如十二烷基硫酸鈉為一般家用清潔劑。

某些清潔劑會加入磷酸鹽，降低水的硬度，增強去汙能力，但會造成水質優氧化。

## 四、起雲劑

- 成分：由水、食用膠（阿拉伯膠）、乳化劑、食用油（如葵花油、棕櫚油）等食品添加物混合製成。
- 原理：乳化劑（脂類）可作為界面活性劑。
- 缺點：食用油成本較高，且放久後可能酸敗而變黃發臭。
- 應用：常用於飲品、乳製品與醬料，製造懸浮雲霧及濃稠狀視覺效果。
- 塑化劑：鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯（DEHP）、鄰苯二甲酸二異壬酯（DINP），前者為最常用的塑化劑。曾有不肖業者使用塑化劑製造黑心起雲劑。

## 第九節 硬水

### 一、硬水與軟水

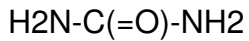
- 硬水：含鈣或鎂離子的水。
- 暫時硬水：陰離子為碳酸氫根，為酸式碳酸鹽。
- 永久硬水：非暫時硬水的硬水。
- 軟水：非硬水的水。
- 鍋垢：硬水沉澱產生碳酸鈣、碳酸鎂、硫酸鈣（ $\text{CaSO}_4$  溫度愈高溶解度愈低）鍋垢，會影響鍋爐導熱甚至因導熱不均爆炸。

### 二、硬水軟化方法

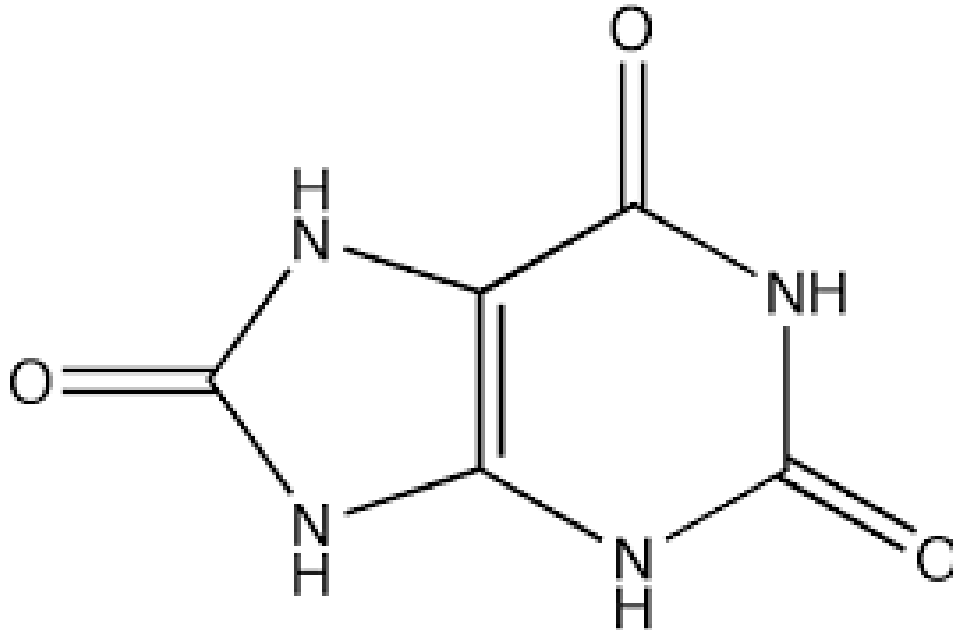
- 煮沸使沉澱：加熱碳酸氫鈣/鎂變成碳酸鈣/鎂沉澱。僅適用於暫時硬水。
- 加氫氧化鈣：使碳酸氫鈣/鎂變成碳酸鈣/鎂沉澱。僅適用於暫時硬水。
- 加蘇打：提供碳酸根，使碳酸鈣/鎂沉澱。
- 蒸餾：但二氧化碳不易除去。
- 加磷酸鹽：沉澱。但會造成水質優養化。
- 陽離子交換法：天然泡沸石鋁矽酸鈉 $\text{NaAlSiO}_4$  簡稱  $\text{NaZ}$ ，人工合成泡沸石陽離子交換樹脂（如磺酸化聚苯乙烯鈉鹽）簡稱  $\text{NaR}$ 。 $\text{Ca}^{2+}(\text{aq})$  或  $\text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{NaR}(\text{s})$  或  $\text{NaZ}(\text{s}) \xrightleftharpoons[\text{正反應為軟化硬水，逆反應為再生}]{\text{CaR}_2(\text{s})、\text{MgR}_2(\text{s})、\text{CaZ}_2(\text{s}) \text{ 或 } \text{MgZ}_2(\text{s})} + 2\text{Na}^+(\text{aq})$ 。陽離子交換後沸石或樹脂上的  $\text{Na}^+$  減少，泡濃食鹽水可使鈉離子增加，稱再生，而後可重新使用。

## 第十節 尿素與尿酸

### 一、 尿素



### 二、 尿酸



## 第十一節 維生素/維他命 (Vitamin)

是一系列有機化合物的統稱。它們是生物體所需要的微量營養成分，而一般又無法由生物體自己生產，需要通過飲食等手段獲得。

### 一、 必需維生素

維生素滿足以下四個特點稱必需維生素：

- 外源性：動物體自身不可合成或合成量不足以生理所需（維生素 D 人體只能經紫外線照射合成，但較重要仍被作為必需維生素），需食物補充。
- 微量性：動物體所需量很少，但是可以發揮巨大作用，通常在體內扮演輔酶及輔因子的角色。
- 調節性：維生素必需能夠調節人體新陳代謝或能量轉變。
- 特異性：缺乏了某種維生素後，動物將呈現特有的病態。

## 二、 人類所需的維生素

人類需要 13 種維生素，其中 A、D、E、K 為脂溶性，可通過細胞膜，其餘為水溶性。

- 維生素 A：包含視黃醇、視黃醛、視黃酯、 $\beta$ -胡蘿蔔素等，缺乏會造成夜盲症、乾眼症等眼疾。
- 維生素 B1：硫胺素，缺乏會造成腳氣病等。
- 維生素 B2：菸鹼醯胺，缺乏會造成口腔潰瘍等口腔疾病。
- 維生素 B3：硫胺素，缺乏會造成糙皮病等。
- 維生素 B5：泛酸，缺乏會造成感覺異常等。
- 維生素 B6：包含吡哆醇、吡哆醛和吡哆胺等，缺乏會造成貧血。
- 維生素 B7：生物素，缺乏會造成皮膚炎等。
- 維生素 B9：葉酸，孕婦缺乏會造成嬰兒出生缺陷等。
- 維生素 B12：包含一類鈷胺素，缺乏會造成貧血。
- 維生素 C：抗壞血酸，缺乏會造成壞血病。
- 維生素 D：膽利鈣素，缺乏會造成佝僂病。
- 維生素 E：包含一類生育酚。
- 維生素 K1：葉綠醌，缺乏會造成凝血酶缺乏。
- 維生素 K2：甲萘醌，缺乏會造成凝血酶缺乏。

## 第十二節 藥物

### 一、 藥物劑量

藥物劑量指藥物的正確使用量，以標示為準。

通常藥物劑量指 18-60 歲成人最有效治療劑量。

60 歲以上劑量約為藥物劑量  $3/4$ ，以標示為準。

兒童劑量約為藥物劑量  $\times$  兒童質量/成人平均質量 65kg，以標示為準。

### 二、 常見家庭藥物

#### (一) 胃藥

- 制酸劑：
  - 速效型（易溶於水）： $\text{NaHCO}_3$ 。
  - 長效型（微或難溶於水）： $\text{Al}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 、 $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{MgCO}_3$ 。



– 療效：弱鹼，可中和胃酸。胃乳成分主要為氫氧化鋁。

– 副作用：

- \* 含碳酸根或碳酸氫根者，碳酸根或碳酸氫根與胃酸作用產生二氧化碳引發脹氣，反應式  $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 。
- \* 部分藥品會因併用制酸劑降低藥效或增強副作用，如 pH 上升使鐵劑形成不溶性沉澱，降低吸收率。
- \* 含鋁者易造成便秘、噁心、嘔吐，不適用血液透析病患；含鎂者易造成下痢，故常混合使用。

• 氫離子幫浦阻斷劑（如耐適恩）：

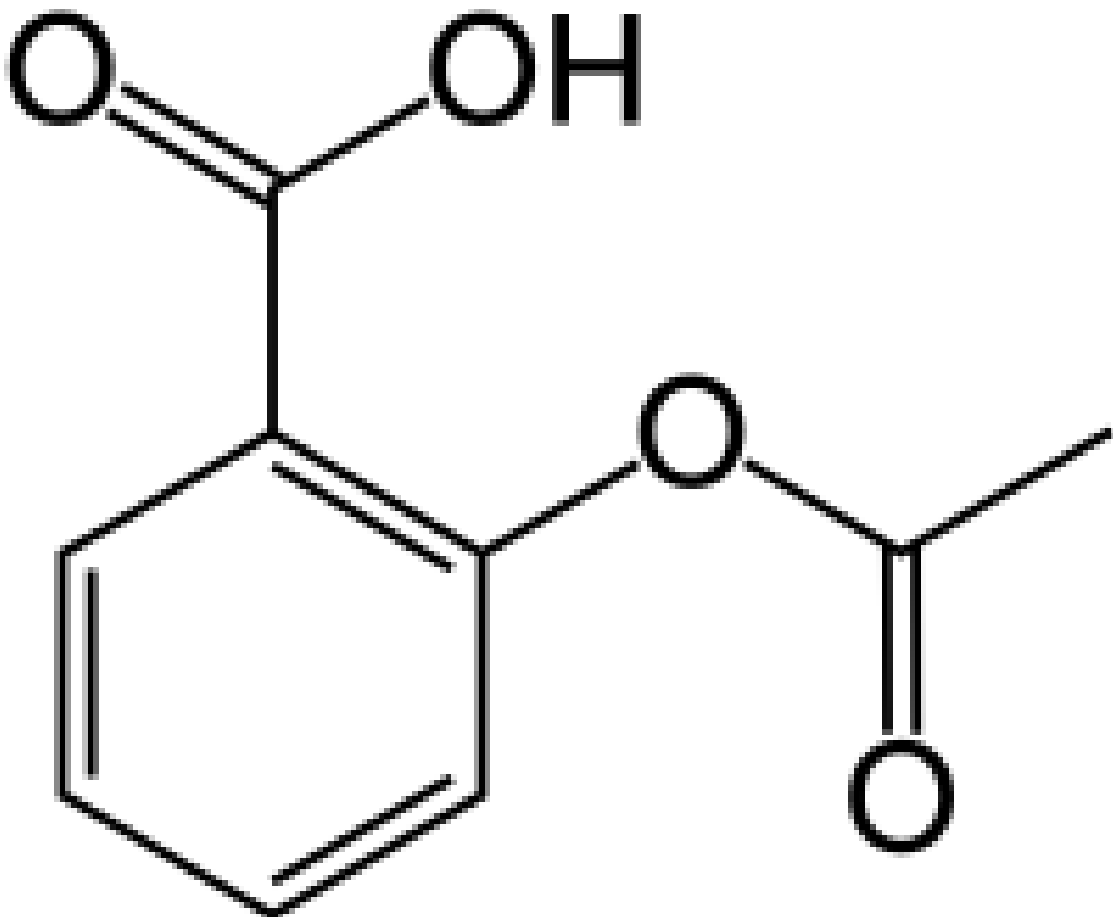
- 療效：阻斷氫離子幫浦（主動運輸），阻止氫離子進入胃液，直接減少胃液分泌，幫助十二指腸潰瘍癒合、減少胃灼熱。
- 副作用：過度服用造成無法消化蛋白質。

(二) 非麻醉型非類固醇鎮痛與消炎劑

• 柳酸/水楊酸/鄰羥基苯甲酸/Salicylic acid：

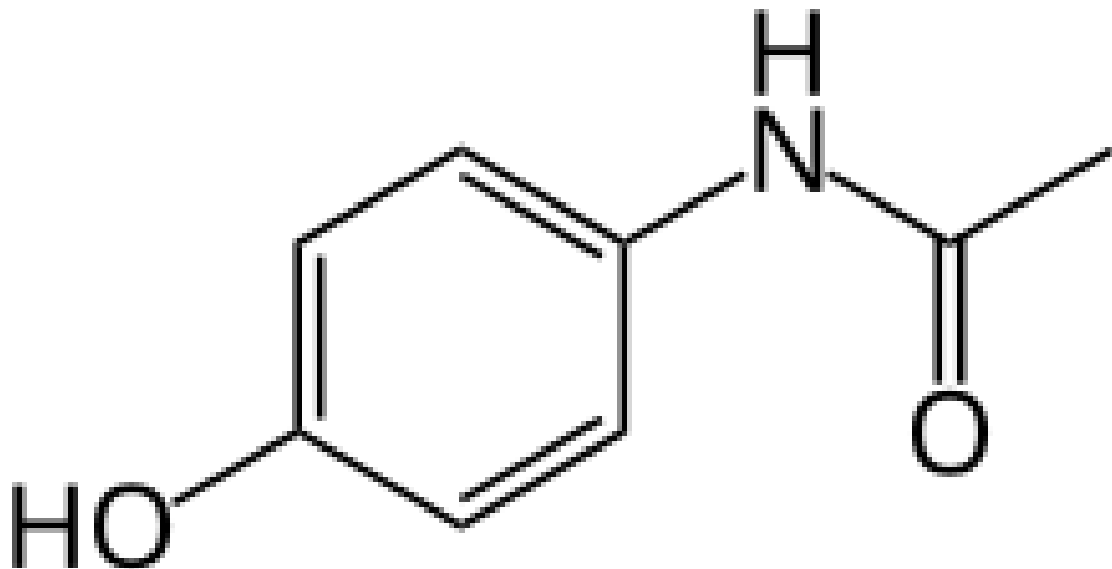
- 發現者：柳樹樹皮中含有柳酸。希臘、蘇美、黎巴嫩、亞述和北美原住民有使用樹皮或其提取物止痛的文獻或傳統。
- 療效：過去用於止痛。具有去角質功效，今常用於治療青春痘。

• 阿斯匹靈/乙醯柳酸/乙醯水楊酸/Aspirin/鄰乙醯氧基苯甲酸：



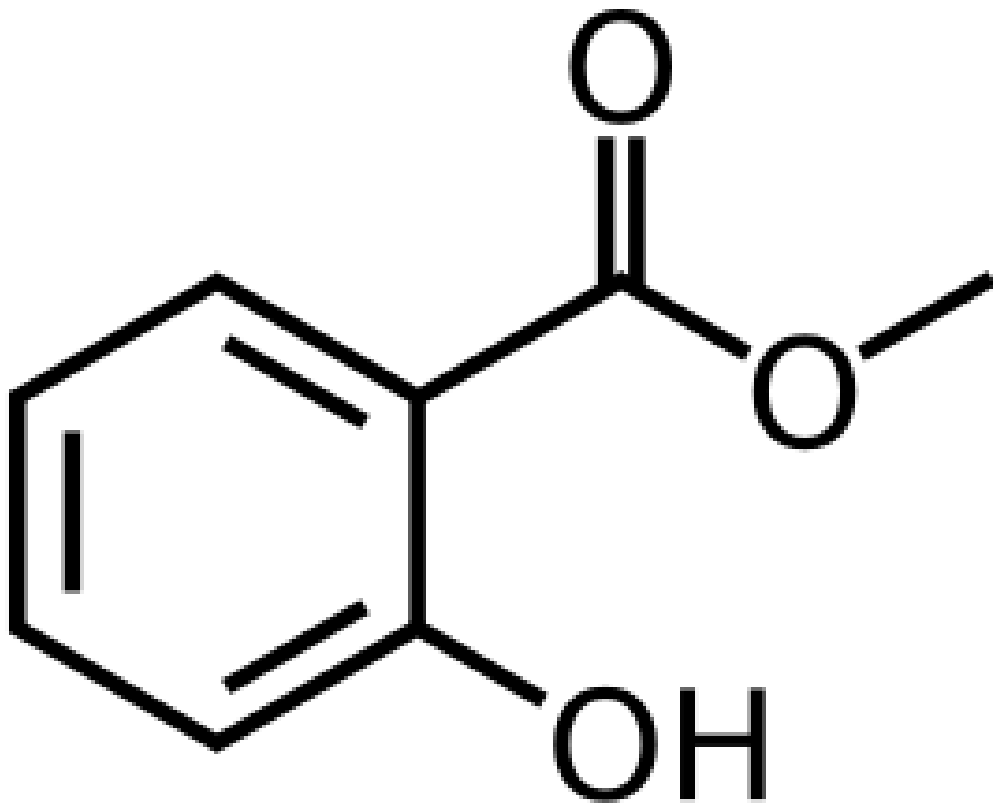
- 發現者：1897 年德國拜耳公司工程師霍夫曼為替父親解決關節炎，用乙酸酐將柳酸乙醯化得量產。
- 原理：阻斷神經傳導，使其失去知覺。
- 療效：消炎、解熱、止痛、退燒，可治療風溼性關節炎，屬於非類固醇抗發炎藥（Non-steroidal anti-inflammatory drug, NSAID）。具抗凝血功效，可預防血管栓塞、中風和心臟病的發作。
- 副作用：弱酸，刺激胃，不適合高胃酸患者，過量可能導致腸胃出血，常搭配胃藥服用。有抑制血小板凝集與血管收縮的抗凝血功效，亦為心血管疾病用藥，但手術前須停用。血友病、出血性潰瘍者不可用。

• 乙醯胺酚/對乙醯胺基酚/撲熱息痛/普拿疼/Acetaminophen/Paracetamol/APAP：



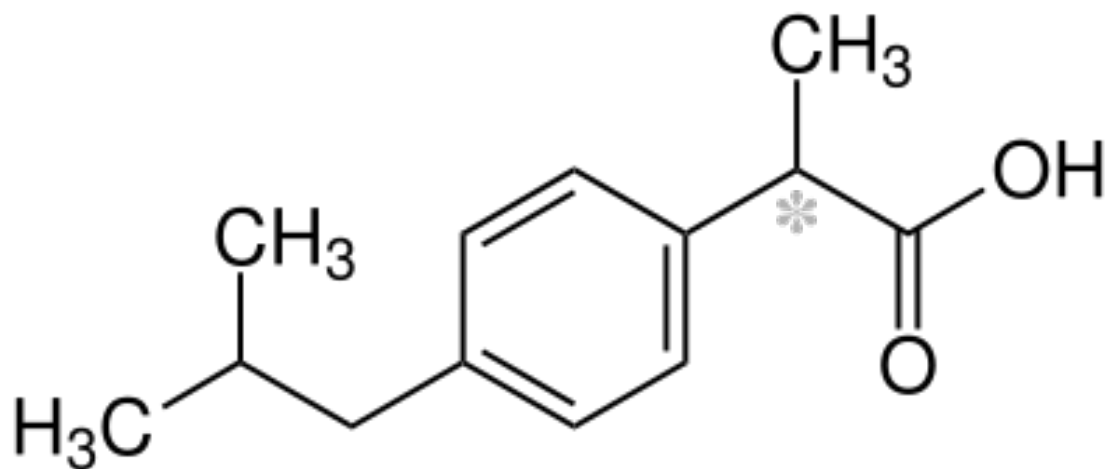
- 原理：阻斷神經傳導，使其失去知覺。
- 療效：解熱、止痛，無消炎功效，故非 NSAID，常見於感冒藥中。胃壁吸收，作用快，但不適用於酒精中毒或肝損傷。
- 副作用：對胃無刺激性，為許多感冒藥成分。可能導致肝功能異常，肝炎患者不可過量。

• 冬青油/柳酸甲酯/鄰甲酯基苯甲酸：



- 療效：味甜而辣，有局部刺激作用，促進局部血液循環，外用或局部塗抹可使皮膚血管擴張、膚色發紅等刺激反應，反射性地影響相應部位的皮膚、肌肉、神經與關節，以達消腫、消炎、鎮痛和止癢。曼秀雷敦藥膏、萬金油、白花油等含有冬青油。
- 副作用：影響血液鐵離子活動，誤食可能造成酸中毒，故鮮少內服用。

• 布洛芬/伊布洛芬/Ibuprofen/2-(3-異丁基苯基) 丙酸：

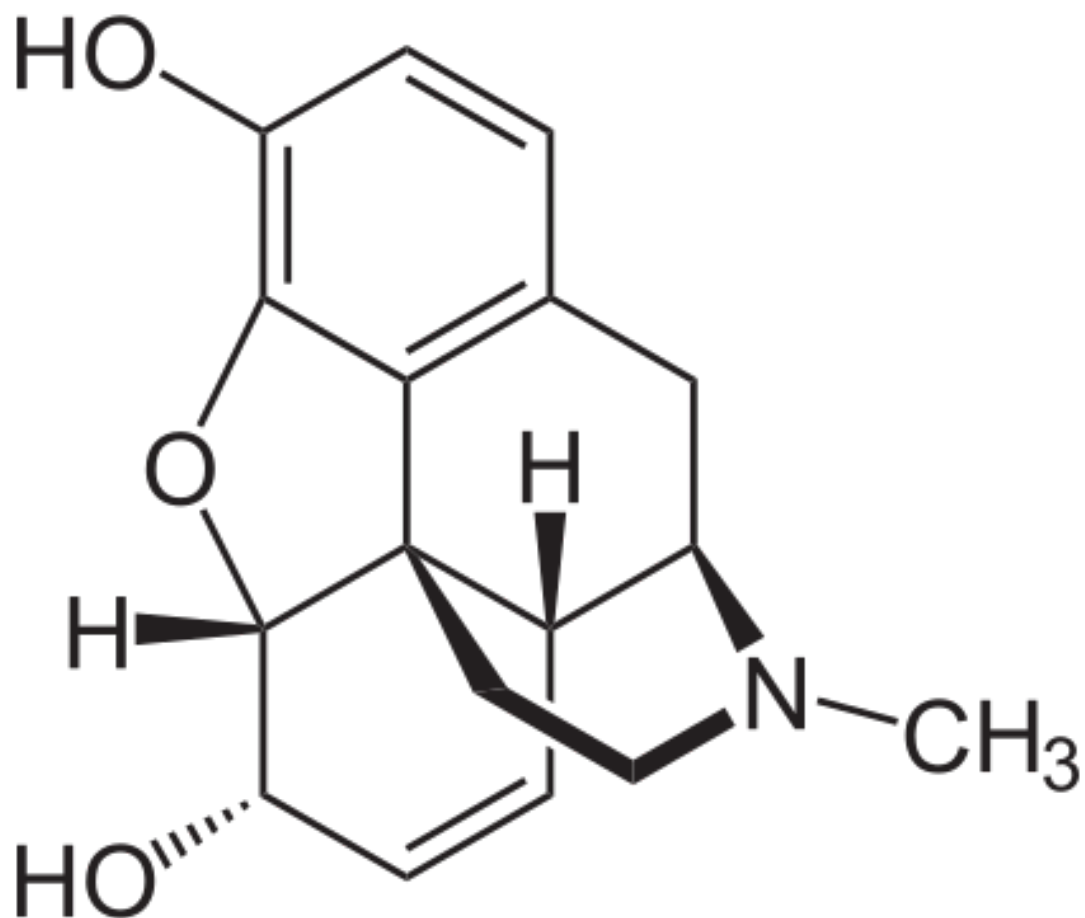


- 原理：阻斷神經傳導，使其失去知覺。

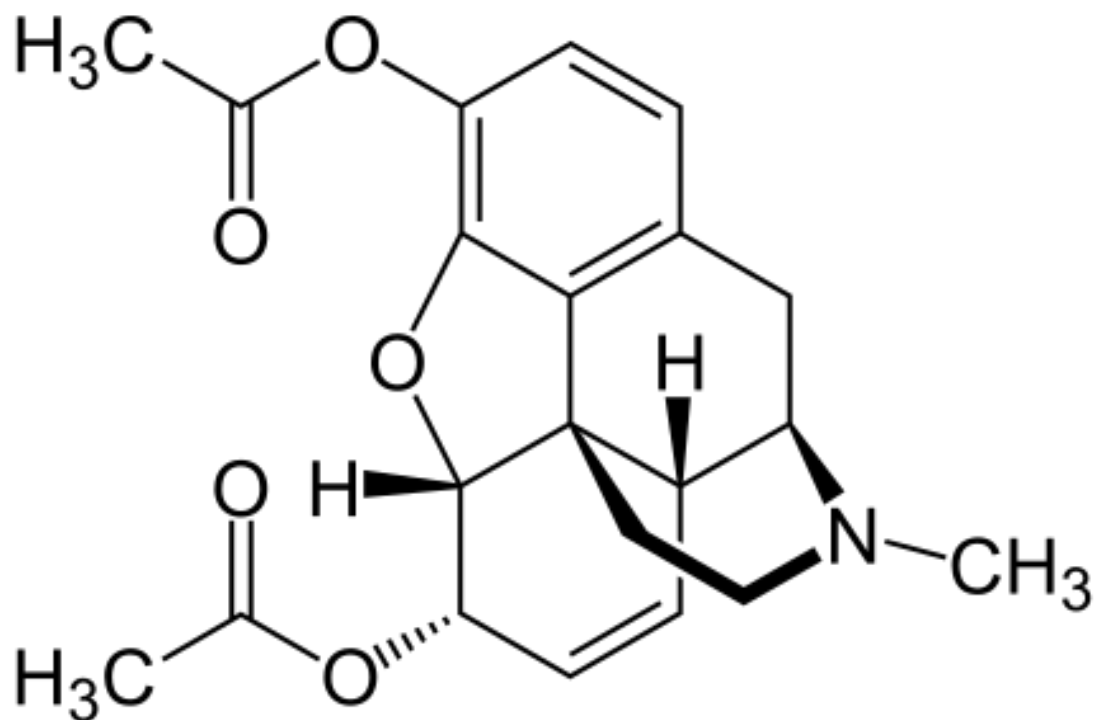
- 療效：消炎、鎮痛、解熱、退燒，為 NSAID。適用於經痛、偏頭痛、類風溼性關節炎。
- 副作用：哮喘加重、懷孕後期服用可能有害。導致胃出血風險較阿斯匹靈等其他 NSAID 低，但會提高心臟、腎、肝衰竭風險。
- 備註：大約六成的人在使用任意一種 NSAID 後症狀會有改善，若一種藥物不起作用，通常建議使用他種。

### (三) 麻醉型止痛劑

- 嗎啡：

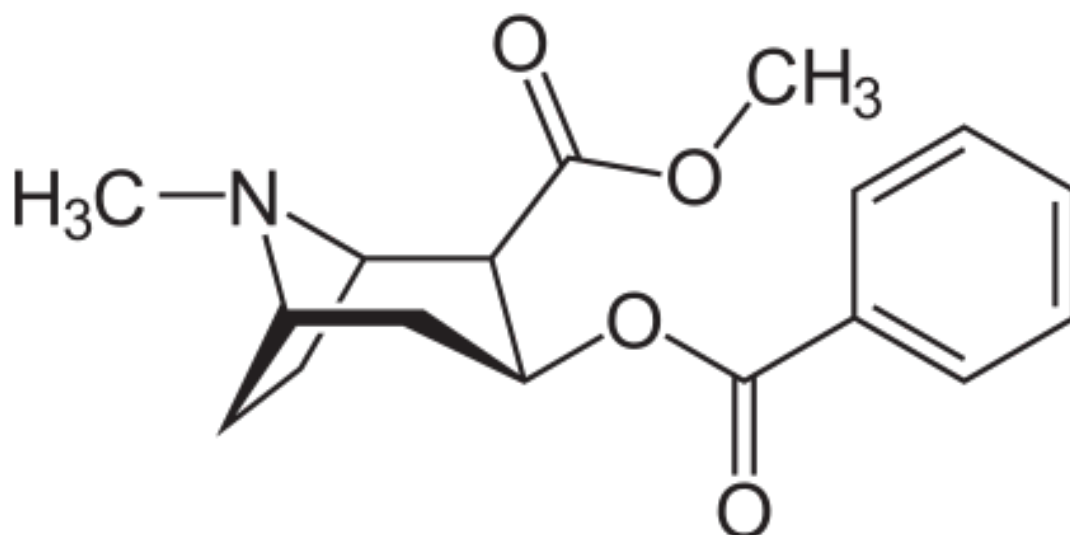


- 發現者：1803-1805 年德國瑟圖納首次分離出來，是首個自植物體內分離的活性成分。1827 年美國默克藥廠以罌粟分離達商業販售。
- 療效：直接作用於中樞神經系統，改變人體感覺。可口服、肛門塞劑、皮下注射、靜脈注射、脊髓注射。適用於中重度疼痛、心肌梗塞、臨盆、外科手術等。
- 副作用：成癮性。過量導致呼吸抑制、血壓下降、昏迷甚至死亡。毒品。
- 海洛因：



- 發現者：1874 年阿爾德·賴特利用罌粟製成的嗎啡所製成。現多化學合成。
- 療效：為類鴉片藥物（指具有類似嗎啡作用的藥物）。
- 副作用：成癮性。毒品。

• 古柯鹼：



- 發現者：南美洲人自古嚼古柯葉。1855 年德國斐德烈提煉出，1859 年尼曼純化。
- 副作用：成癮性。毒品。

#### (四) 類固醇/Steroid/美國仙丹/副腎上腺皮質素

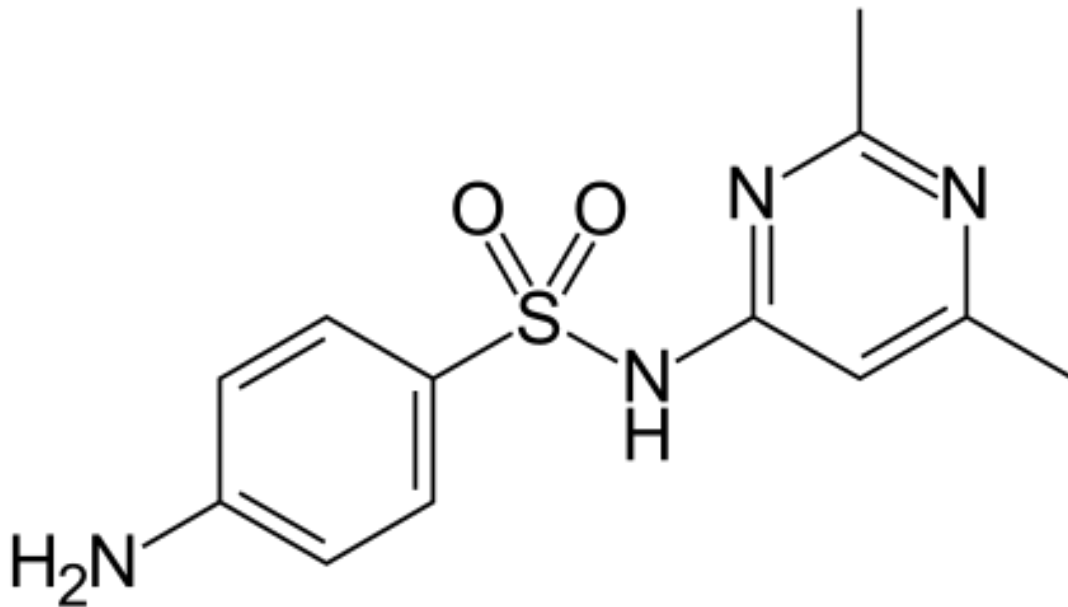
- **人體自然分泌**：人體正常情況下會分泌的荷爾蒙。
- **療效**：抑制免疫系統，可強力抑制發炎。
- **適用病症**：不明原因發炎性疾病、風溼性關節炎、紅斑性狼瘡、氣喘等。
- **副作用**：依賴性。情緒搖擺不定、水牛肩、月亮臉等身型改變、影響小孩生長，局部性吸入少量類固醇無顯著影響。應依醫囑，不可突然停藥。

#### (五) 抗菌劑（針對細菌感染病）

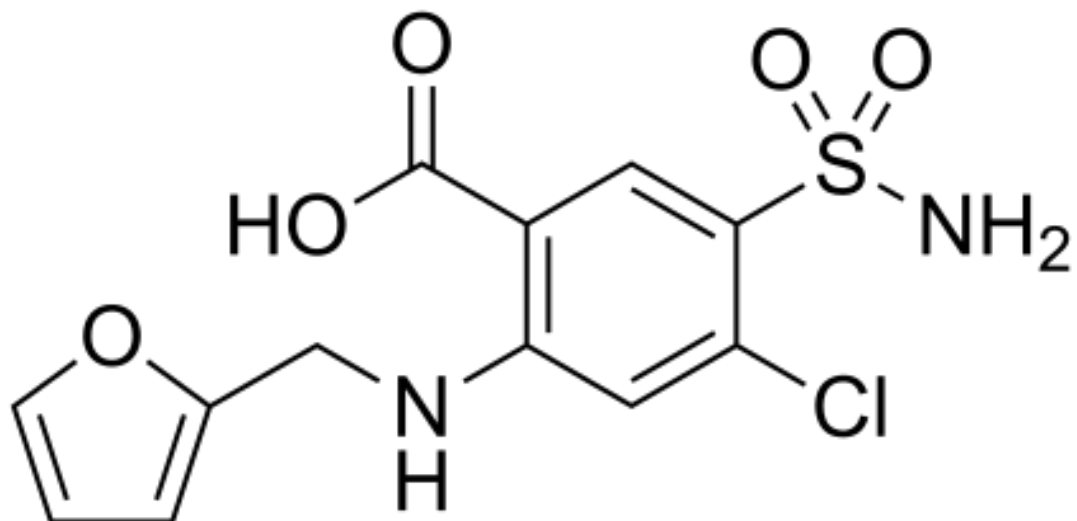
- **磺胺類藥物**：

– 舉例：

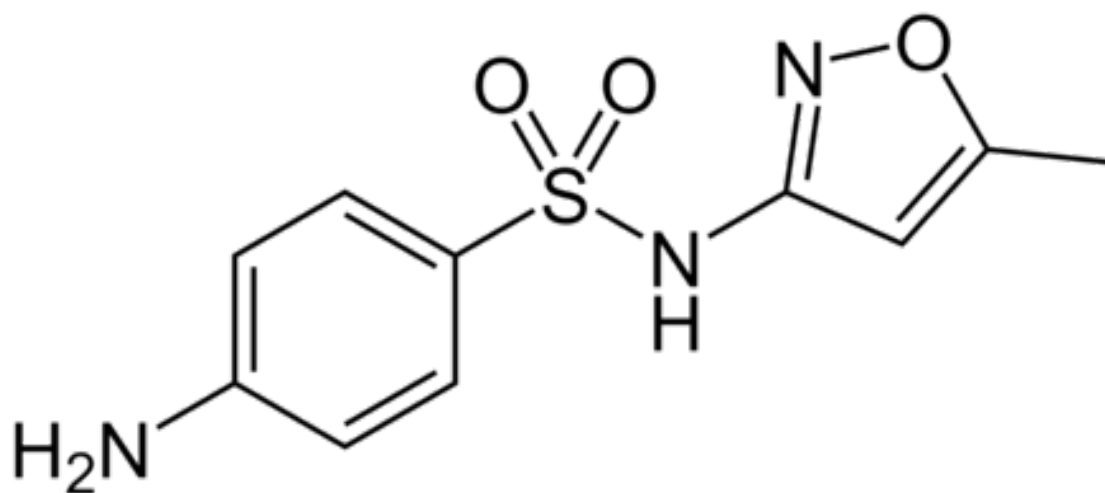
\* 磺胺二甲異嘧啶/4-胺基-氮-(2,6-二甲基嘧啶-4-基) 苯磺醯胺



\* 呋塞米/4-氯-2-[(呋喃-2-甲基) 氨基]-5-氨磺醯基苯甲酸



\* 磺胺甲噁唑/4-氨基-氮-(5-甲基異噁唑-3-基)-苯磺胺

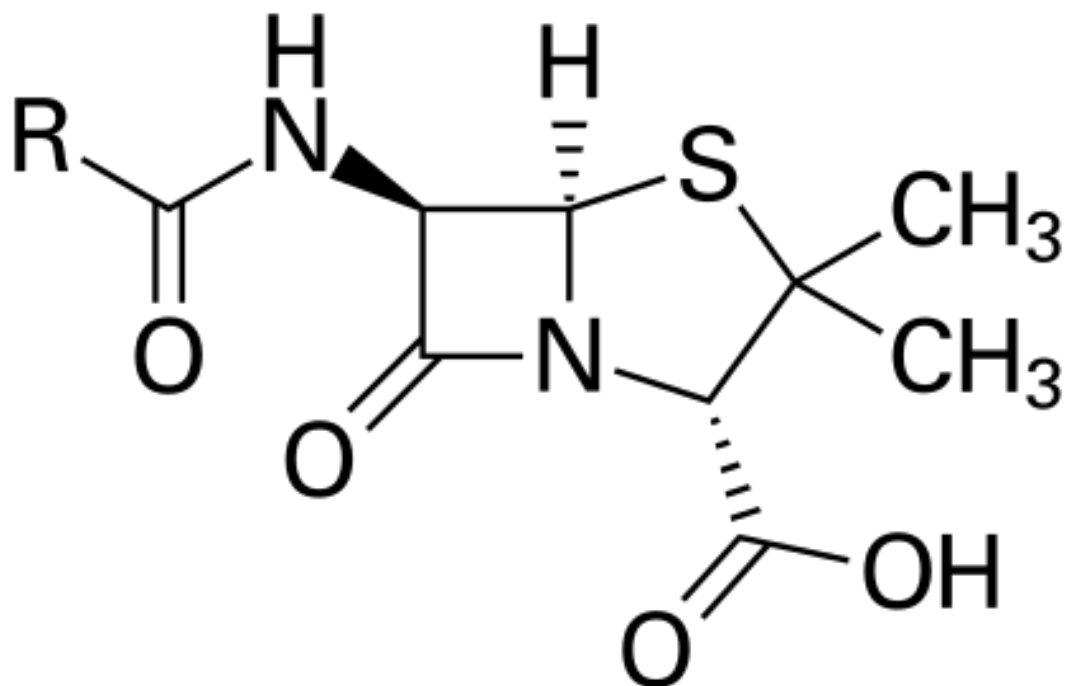


- 發現者：1932 年德國拜耳公司化學家多麥克發現，一種紅色工業染料有抗菌活性，德國病理與細菌學家竇馬柯研究，促使第一種磺胺藥物問世。現多以化學方法合成。
- 原理：占據細菌體內酶分子的活性位置，抑制細菌合成葉酸，干擾細菌代謝、繁殖。適用於砂眼、泌尿道感染、鏈球菌、梅毒、葡萄球菌發炎等細菌感染病。
- 副作用：傷肝腎，可能造成藥物過敏，可能導致肝衰竭，故在已開發國家已幾乎被抗生素取代。

## • 抗生素：

### - 舉例：

- \* 青黴素：俗稱盤尼西林（penicillin），人類第一種發現的抗生素。結構為 (2S,5R,6R)-3,3-二甲基-7-氧代-6-[R 醯胺基]-4-硫雜-1-氮雜雙環 [3.2.0] 庚烷-2-甲酸，其中 R 為取代基，如 Penicillin G 即為 (2S,5R,6R)-3,3-二甲基-7-氧代-6-[2-苯乙醯基胺基]-4-硫雜-1-氮雜雙環 [3.2.0] 庚烷-2-甲酸。



- \* 四環（黴）素（Tetracycline）
- \* 土黴素
- \* 鏈黴素
- 發現者：1922 年佛萊明在細菌培養液發現青黴素。
- 原理：殺死或抑制他種細菌生長。
- 療效：心內膜炎、肺炎、細菌型結膜炎、尿道炎、中耳炎等細菌感染病。
- 副作用：濫用使細菌產生抗藥性，故不可中斷，需按時服藥。

## 第十三節 化石燃料（Fossil fuels）與石化產品（Petrochemicals）

### 一、 石油/原油（Petroleum）

是一種黏稠的、深褐色液體。地殼上層部分地區有石油儲存，由不同的碳氫化合物混合組成，主要成分是烷烴，亦還含硫、氧、氮、磷、鈳等元素，不同油田的石油成分和外貌有異。石油主要被用來作為燃油和汽油，也是許多化學工業產品如溶液、化肥、殺蟲劑、潤滑油和塑膠等的原料。

### 二、 石油醚（Petroleum ether）

是一種輕質石油產品，其沸程為 30～150℃，主要由戊烷和己烷組成，收集的溫度區間一般為 30℃ 左右，一般有 30～60℃、60～90℃、90～120℃ 等沸程規格。

### 三、 液化石油氣（liquefied/liquid petroleum gas, LPG）

是原油加工過程中，所產生常溫常壓下氣態的輕質烴類混合物（石油氣），再經加壓或降溫而液化的液態燃料，主要成分為丙烷和丁烷。



## 四、 汽油 (US: Gasoline/UK: Petrol)

汽油為無色液體（為方便辨識不同辛烷值的汽油，有時會加入不同顏色），具特殊臭味。易揮發。易燃。主要成分為 C5 至 C12 脂肪烴和環烴類，並含少量芳香烴和硫化物。汽油抗爆震的能力以按辛烷值量度。

## 五、 柴油 (Diesel)

主要成分為 C10 至 C20 長鏈烷烴。

## 六、 石蠟 (Paraffin wax/petroleum wax)

主要成分為 C20 至 C40 的烷烴，沸點一般約 37 攝氏度。

## 七、 天然氣 (Natural gas)

是古代動植物深埋地下，在一定的地質條件下天然生成蘊藏的可燃氣體，為烴類和非烴類氣態混合物，其主要成分為甲烷，次要成分為乙烷，屬於一種化石燃料。

## 八、 煤 (Coal) /煤炭/石炭

是一種可燃的黑色或棕黑色沉積岩，較硬形式的煤可以被認為是變質岩，如無煙煤。主要成分是碳，亦有氫、硫、氧和氮等。

## 九、 塑膠 (Plastic)

- Polypropylene (PP) 聚丙烯：包裝、家用電器、汽車配件。
- Polystyrene (PS) 聚苯乙烯：包裝、免洗餐具、文件夾。
- High impact polystyrene (HIPS) 高抗衝擊聚苯乙烯：包裝、免洗餐具。
- Acrylonitrile butadiene styrene (ABS) ABS 樹脂/丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物：電子設備、汽車配件。
- Polyethylene terephthalate (PET) 聚對苯二甲酸乙二酯：飲料瓶、薄膜、包裝。
- Polyester (PES) 聚酯：纖維。
- Polyamides (PA) 聚醯胺：纖維。
- Polyvinyl chloride (PVC) 聚氯乙烯：管道、浴簾、窗框。
- Polyurethanes (PU) 聚胺基甲酸酯：泡沫、防火。
- Polycarbonate (PC) 聚碳酸酯：光碟、鏡片。
- Polyvinylidene chloride (PVDC) 聚二氯乙烯：包裝。
- High-density polyethylene (HDPE) 高密度聚乙烯：薄膜、容器、管道。

- Low-density polyethylene (LDPE) 低密度聚乙烯：薄膜、塑膠袋、容器、管道。
- Polymethyl methacrylate (PMMA) 聚甲基丙烯酸甲酯：鏡片。
- Polyetheretherketone (PEEK) 聚醚醚酮：熱塑性塑膠、醫療植入、航太製品。
- Phenolics (PF) 酚醛樹脂/電木：絕緣部件、熱絕緣泡沫材料。
- Urea-formaldehyde (UF) 尿素甲醛樹脂：餐具、電器零件、汽車零件、瓶蓋、塗料。
- Melamine formaldehyde (MF) 三聚氰胺-甲醛樹脂：餐具、電器零件、汽車零件、塗料。
- Polylactic acid (PLA) 聚乳酸：可生物分解，由玉米澱粉轉化。透明塑膠蛋盒。