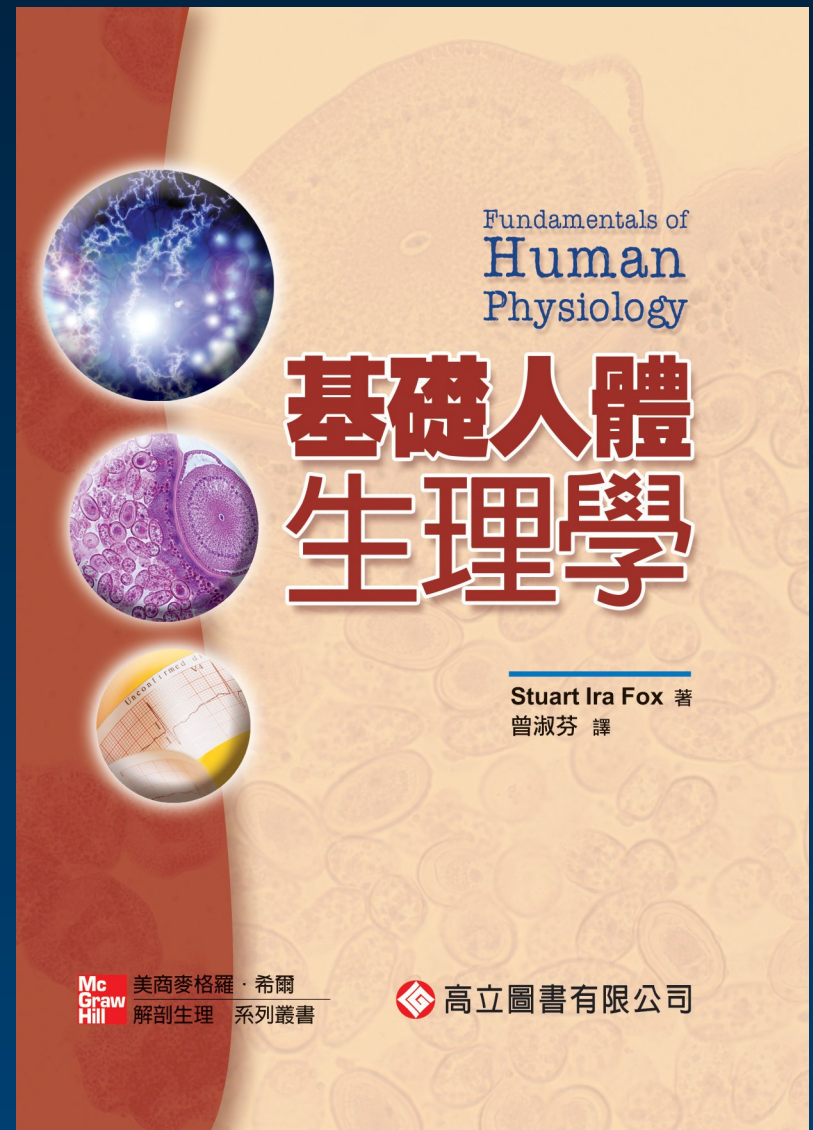


# Chapter 1

# 人體生理學概論

沈炳宏



- 第 1週: (09/14) 概論(Ch1)
- 第 2週: (09/21) 從細胞到系統1(Ch2)
- 第 3週: (09/28) 從細胞到系統2(Ch2)
- 第 4週: (10/5) 細胞與環境的交互作用(Ch3)
- 第 5週: (10/12) 神經學導論(Ch4)
- 第 6週: (10/19) 中樞神經系統(Ch5)
- 第 7週: (10/26) 周邊神經系統+免疫學(Ch6+Ch11)
- 第 8週: (11/2) 感覺神經系統(Ch7)
- 第 9週: (11/9) 期中考

第10週: (11/16) 內分泌系統(Ch8)

第11週: (11/23) 肌肉生理(Ch9)

第12週: (11/30) 血液與循環系統1(Ch10)

第13週: (12/07) 血液與循環系統2(Ch10)

第14週: (12/14) 呼吸系統(Ch12)

第15週: (12/21) 泌尿系統(Ch13)

第16週: (12/28) 消化系統(Ch14)

第17週: (1/4) 生殖系統(Ch15)

第18週: (1/11) 期末考

# 章節要點

1.1 生理科學

1.2 生理學的主題是體內平衡

1.3 生理學的基本化學觀念

1.4 碳水化合物和脂質具有不同的特性

1.5 蛋白質與核酸

# 1.1 生理科學

- 人體生理學是一門正常身體功能的科學研究。科學家運用科學方法學習在一個健康狀態下，細胞、組織、器官和身體系統如何在因果關係的機制下運作。對於生理過程和機制的瞭解是所有健康專業知識的基石。

# 何謂生理學？

- 生理學（physiology）是正常生物功能的研究
  - 包括從細胞到組織、組織到器官、器官到系統，以及生物體如何完成對生活必要的特定任務。
- 生理學的學習著重在所謂的機制（mechanisms）上，亦即如何正確執行某一特殊功能。例如，心跳如何產生及如何調控心率？如何消化飲食中的油脂？如何控制血糖含量？這些問題的答案都有因果順序。

# 1.2 生理學的主題是體內平衡

- 在生理學裡，我們學習的生理過程及調控機制存在主要的目的：保持體內平衡，或是體內環境的恆定。當改變發生時，感覺資訊會誘導生理反應的產生，來保護體內環境對抗改變。因此，生理學大多是維持體內平衡生理機制的研究。

# 體內平衡

- 體內平衡：主動的、動態的生理調控過程，它必須對抗外在變化以便保持體內的恆定狀態。
- 生理過程的「目的」——過程的「為什麼」——通常都能以此一句話闡明：  
維持體內平衡
  - 生病和死亡是失去體內平衡的結果



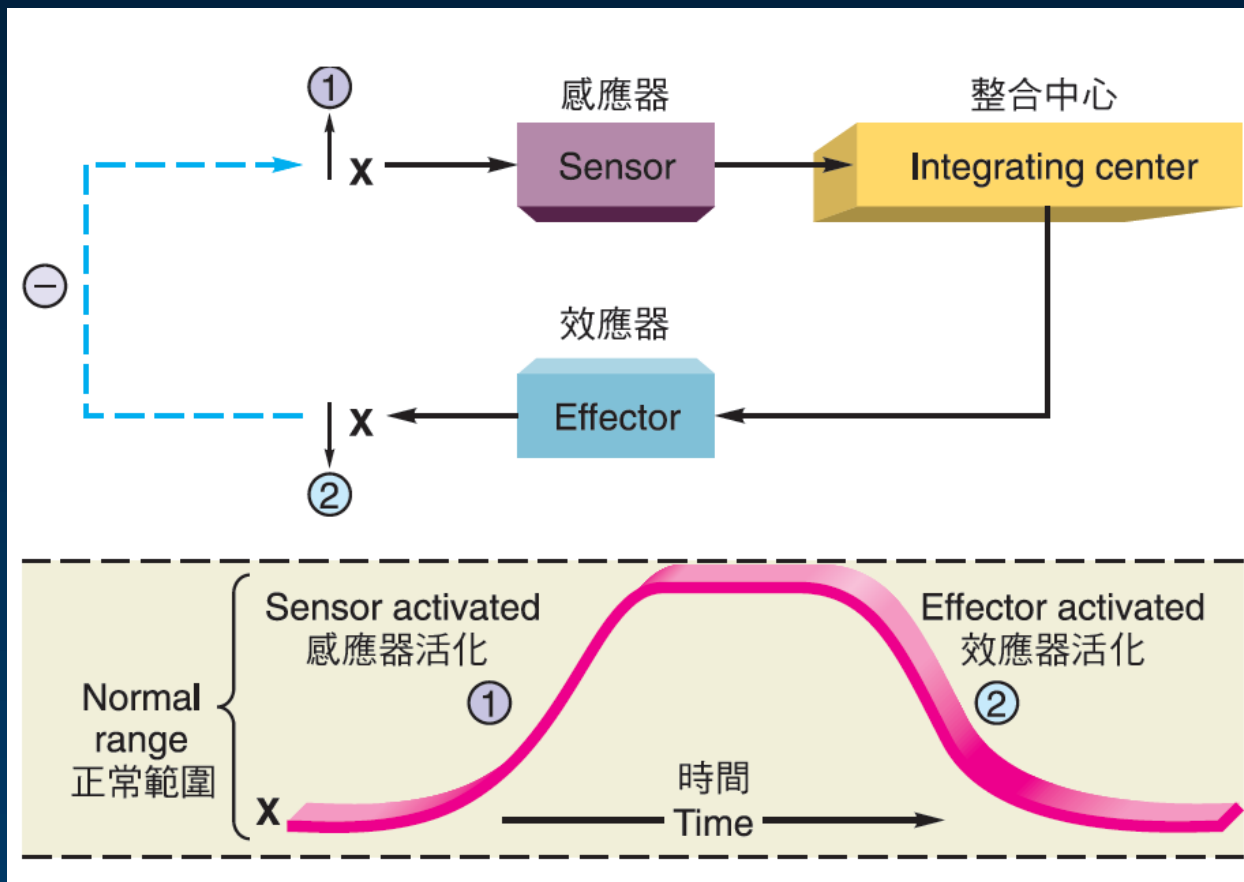
# 體內平衡受負回饋調控-1

- 身體的生理系統扮演調控機制以便維持體內平衡。
- 調控機制的三種基本成分
  - 感應器 (sensor) : 偵測遠離設定值的偏差
  - 效應器 (effector) : 影響環境狀況 (抗衡偏差)
  - 整合中心 (integrating center) : 根據感應器傳遞資訊控制效應器的活性

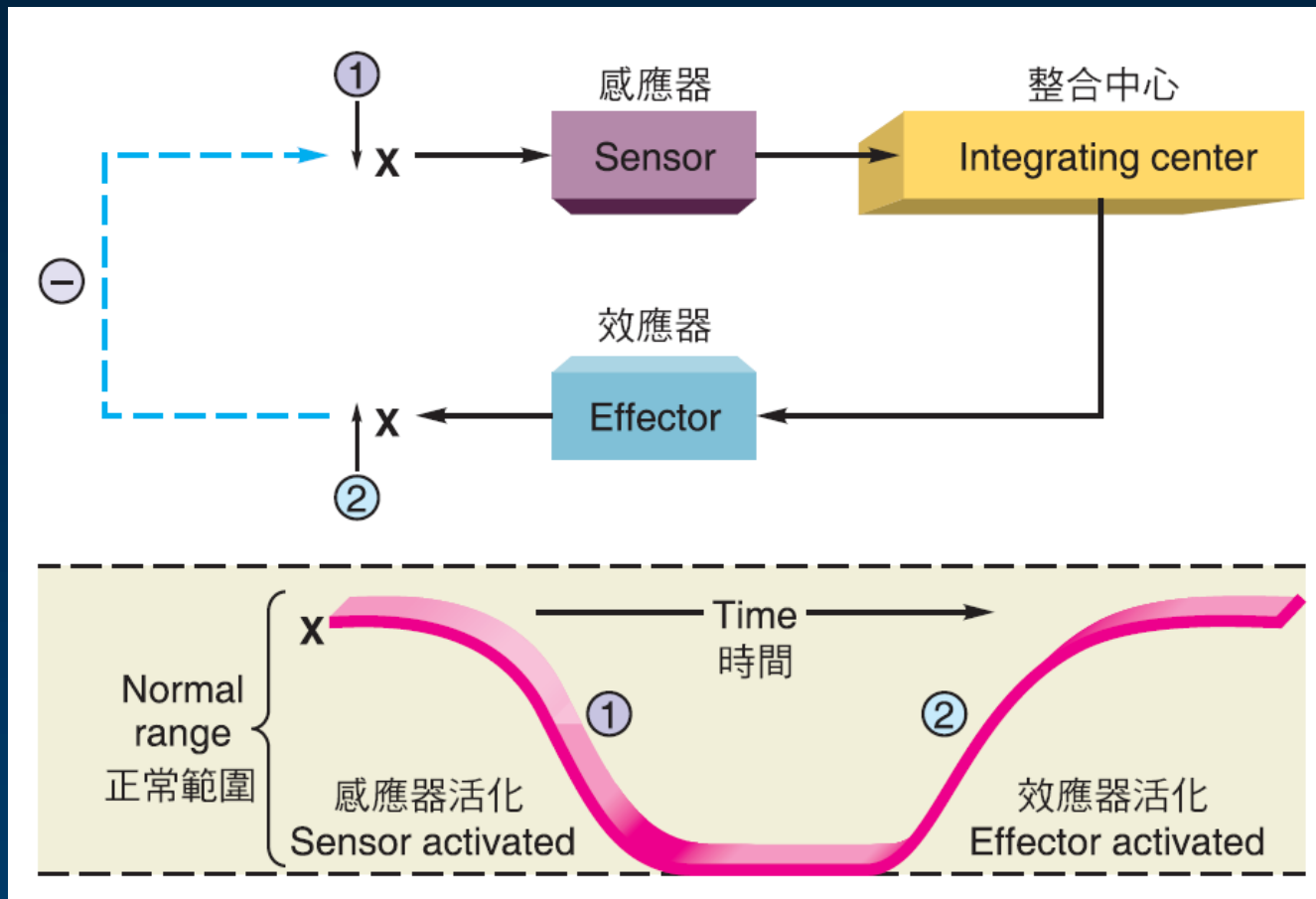
# 體內平衡受負回饋調控-2

- 負回饋迴路

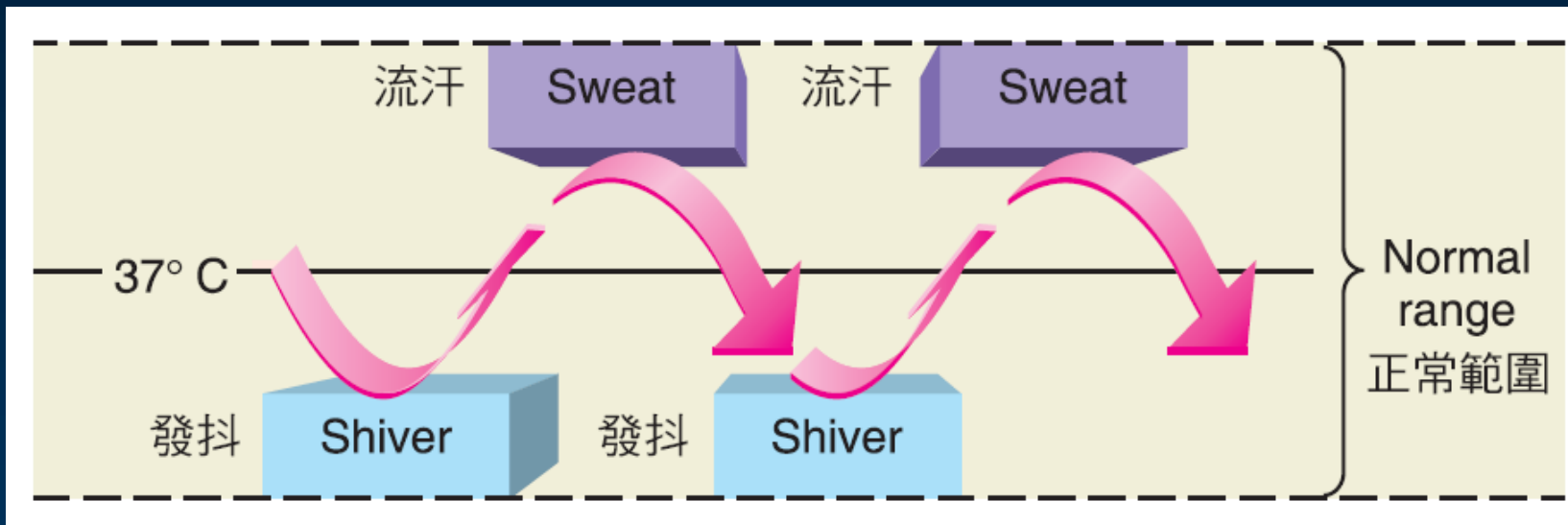
- 感應器被與設定點的偏差激活，效應器起而對抗偏差，這個關係稱之為負回饋迴路。



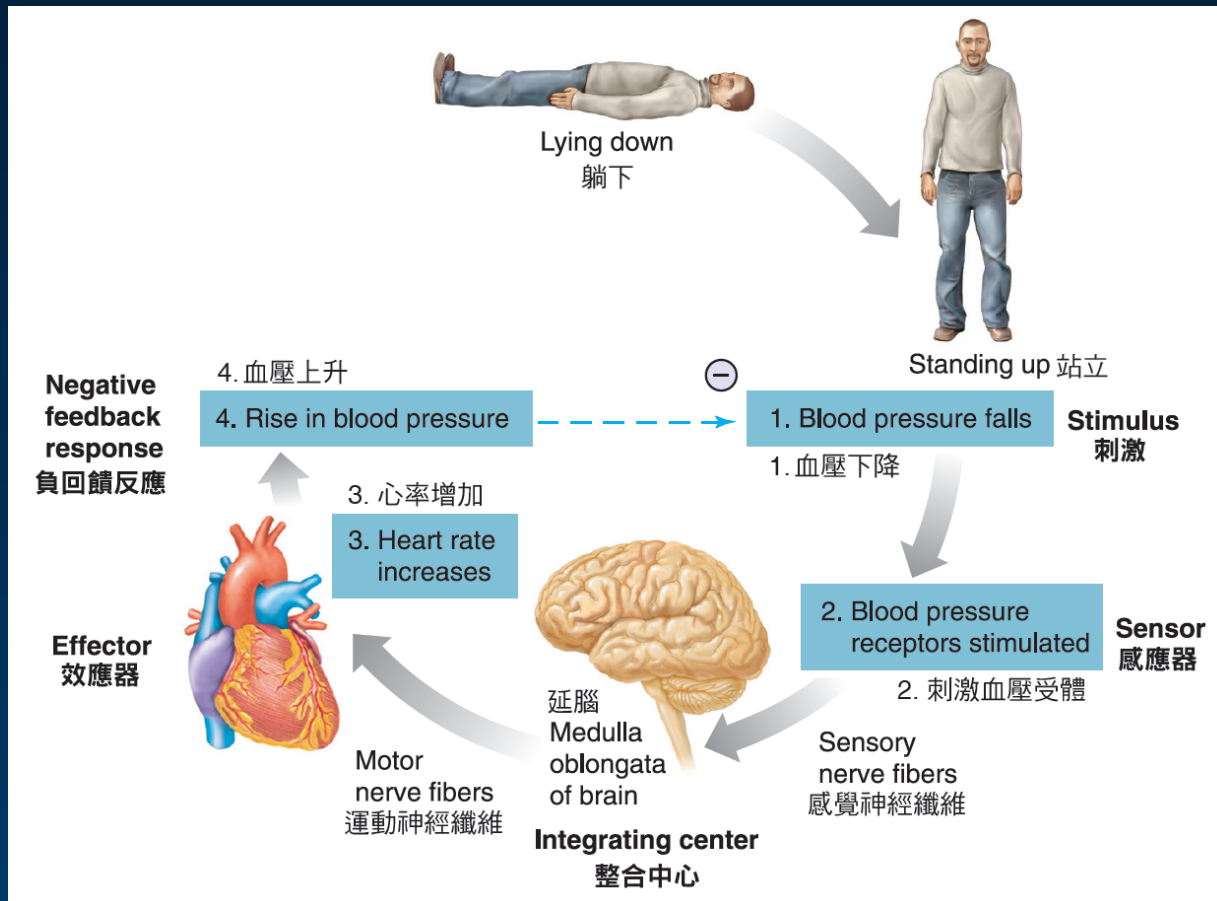
- 圖 1.1 感應器偵測內在環境因子的上升 ( $\uparrow X$ )。這個訊息被傳遞到整合中心，造成效應器負向的改變 ( $\downarrow X$ )，因而改變了起初的差距，完成一個負回饋迴路（以虛線箭頭和負號表示）。圖中的數字表示變化順序。



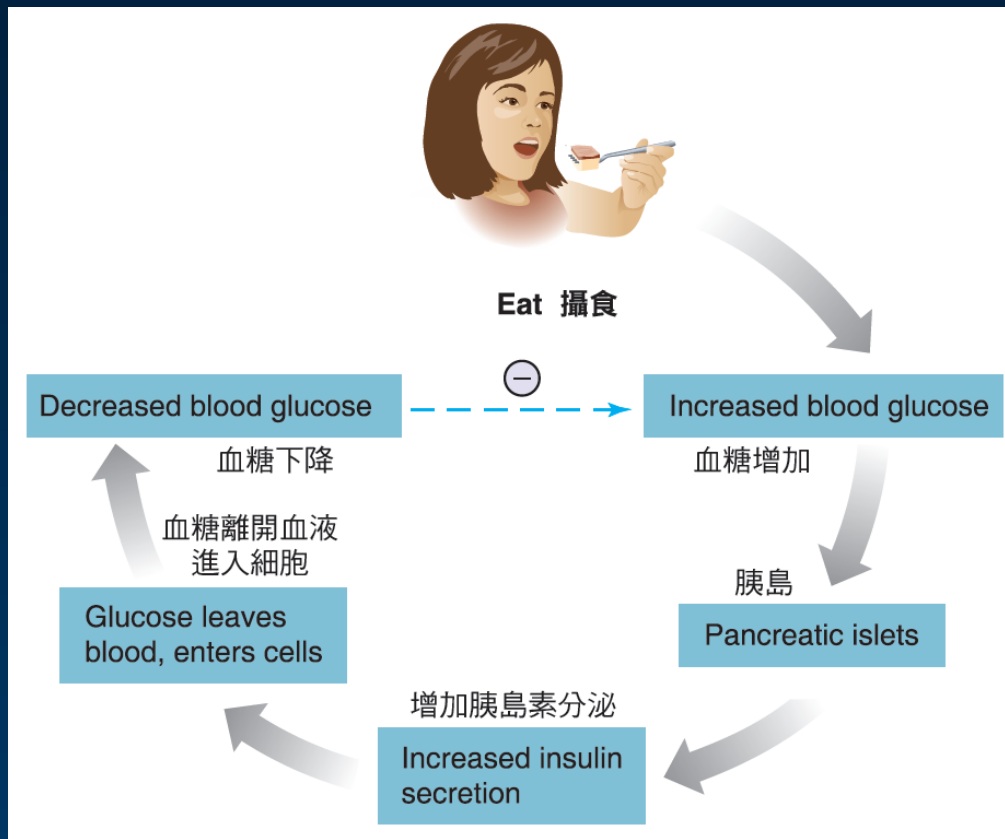
- 圖 1.2 感應器偵測內在環境因子的下降 ( $\downarrow X$ )。這個負回饋迴路與圖 1.1 的說明做比較。



- 圖1.3體溫如何被維持在正常範圍內。正常體溫是在37°C。體溫的維持部分是透過兩種拮抗機制——發抖和流汗。當體溫下降，會引發發抖；若溫度上升，發抖現象便逐漸消失。當體溫太高時，流汗增加；一旦溫度下降，就會減少流汗。多數的內在環境是受不同的效應器機制的拮抗作用調節。



- 圖1.4 控制血壓的負回饋迴路。這個負回饋迴路藉著刺激增加心率來修正血壓的下降。在這個負回饋迴路中，感覺和運動神經纖維會在感應器、整合中心和效應器之間傳遞訊息。



- 圖 1.5 控制血糖的負回饋。當食用碳水化合物（糖或澱粉），血糖含量上升。誘發胰腺（蘭氏小島）分泌激素胰島素。胰島素刺激血糖進入細胞（主要是骨骼肌），因此增高的血糖降到食用碳水化合物之前的量。

# 1.3 生理學的基本化學觀念

- 生理學使用許多化學名詞和觀念來解釋器官與系統的細胞功能。主要的化學鍵形式加上酸、鹼與 pH 值等，都是瞭解身體功能特別基本的化學觀念。

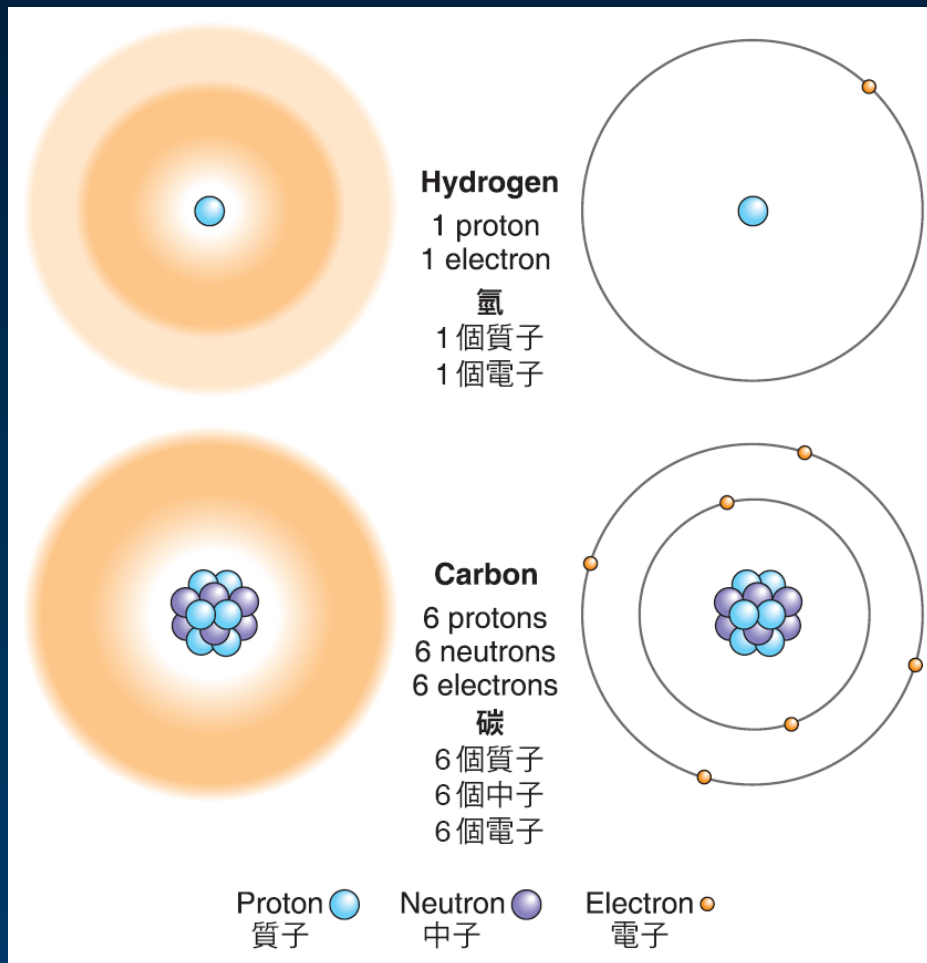


# 生理化學

- 生理學需要熟悉基礎化學
  - 原子和分子結構
  - 化學鍵
  - 酸鹼值
  - 有機化合物

# 原子

- 是化學元素的最小的單位
- 三種基本次原子粒子
  - 帶正電荷的質子 (protons)
  - 不帶電荷的中子 (neutrons)
  - 帶負電荷的電子 (electrons)



- 圖 1.6 氫原子和碳原子的示意圖。左邊的軌域以不透明球體標示電子保留位置，右邊的軌域則以同心圓表示。

# 質子與中子

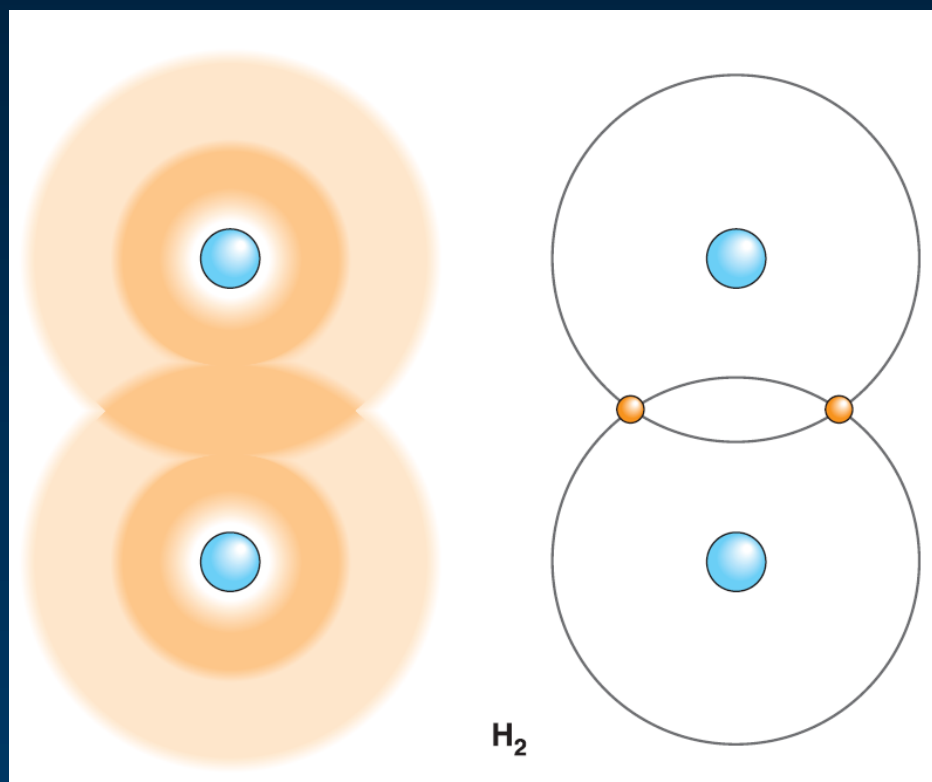
- 每個原子的中心稱為原子核（nucleus），其中包含兩種粒子：帶正電荷的質子和不帶電荷的中子。
- 質子量與中子量相等。
- 質子和中子的總量就等於原子量（atomic mass）。
- 原子核的質子數等於原子的原子序（atomic number）。

# 電子

- 電子數與質子數相等。
- 圍繞原子核的空間稱為軌域。
  - 每個軌域都能容納一個最高的電子數，且這些電子是從最內層向外層填裝。
  - 第一層最接近電子核，可容納 2 個電子。
  - 第二層可容納 最多 8 個電子。
- 價電子
  - 最外層的電子
  - 參與化學反應

# 最強の化學鍵—共價鍵-1

- 當原子互相分享價電子時，便形成共價鍵。最強の共價鍵類型發生在兩個原子相等地分享價電子，如同當相同元素の兩個原子鍵結在一起時。

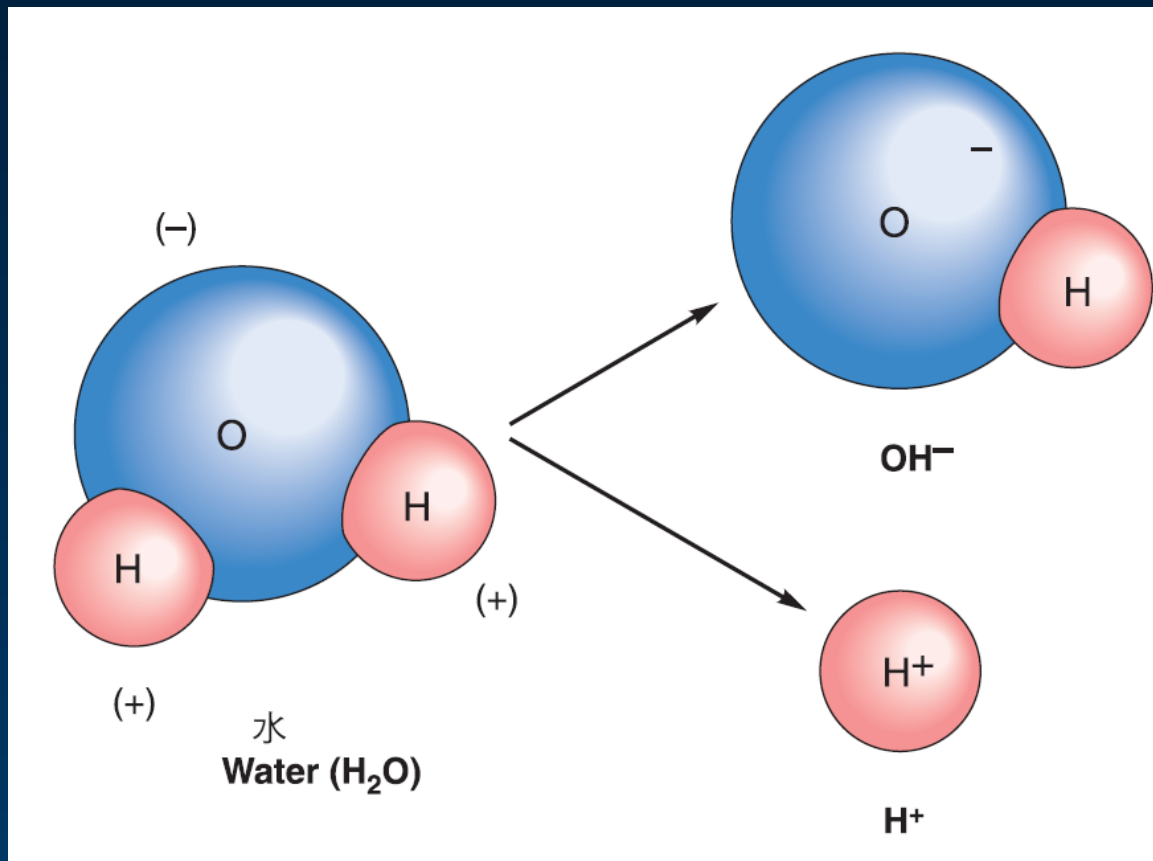


- 圖 1.7 氫原子間的共價鍵。在這個分子中，互相分享相等的電子。

# 最強的化學鍵—共價鍵-2

- 電子被平等分享的共價鍵所形成的分子，稱為非極性分子（nonpolar molecules）。
- 電子沒有相等分享的共價鍵所形成的分子，則是極性分子（polar molecules）。
  - 它們有一個正極和一個負極。





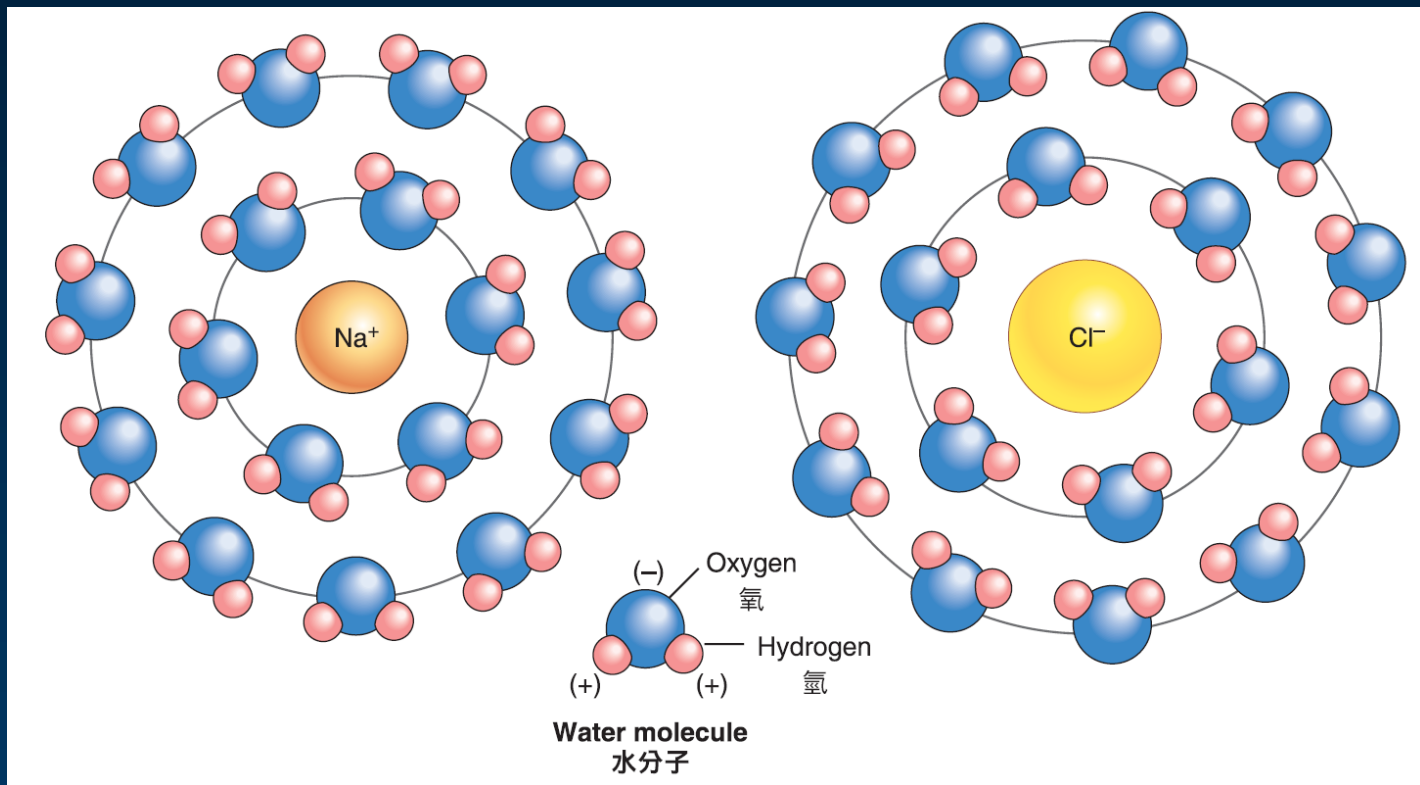
- 圖1.8 水是極性分子。請注意，水分子的氧是陰極，氫是正極。極性共價鍵比非極性的共價鍵弱，因此，一些水分子被離子化形成  $OH^-$  和  $H^+$ 。

# 最弱的化學鍵—離子鍵

- 當一個或更多價電子從一個原子轉移到另一個原子時，便會形成離子鍵（ionic bonds）。
- 會生產 2 個離子，即失去電子而成為正電荷的陽離子和獲得額外電子帶負電荷的陰離子。
- 陽離子和陰離子因電子的引力互相吸引，而形成離子化合物（ionic compound）。

# 離子化合物的解離

- 離子鍵相當弱
  - 可以溶於水
  - 與水的電子吸引力



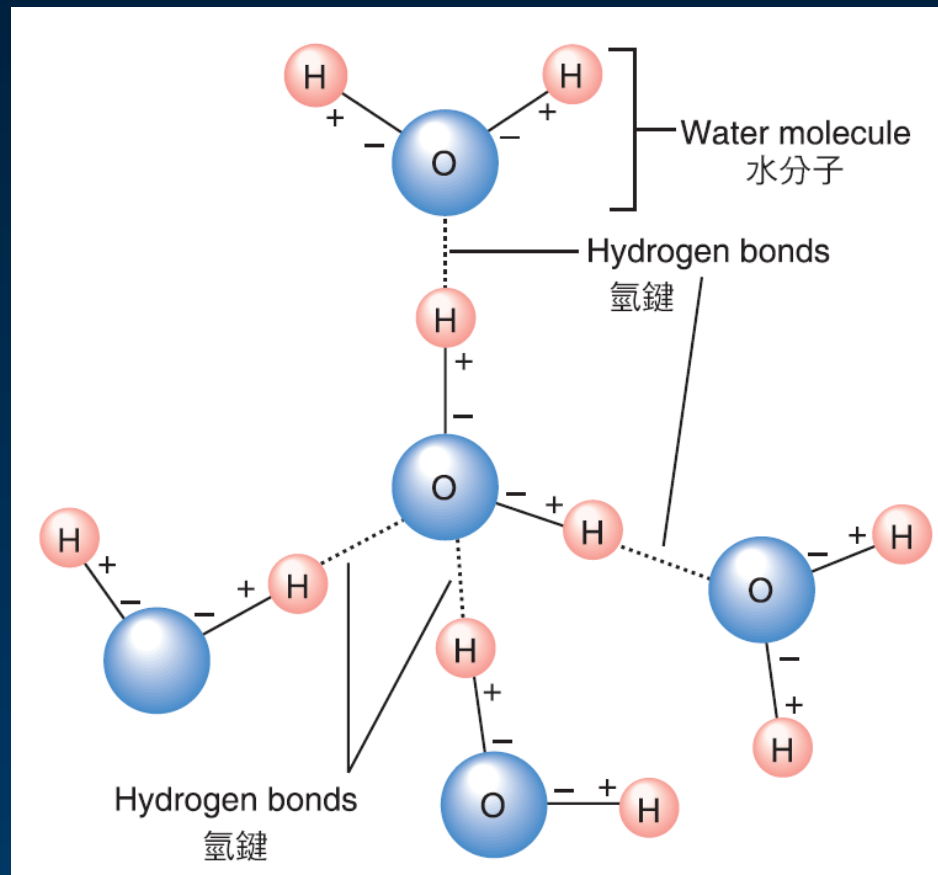
- 圖 1.9 NaCl 在水中解離的情形。水分子中帶負電荷的氧與帶有正電的  $\text{Na}^+$  互相吸引，而帶正電荷的氫與帶有負電的  $\text{Cl}^-$  互相吸引。其他水分子則被吸引到水分子第一層，並在  $\text{Na}^+$  和  $\text{Cl}^-$  周圍形成水合球體。

# 水溶性

- 親水
  - 可溶於水
  - 極性分子和離子
- 疏水
  - 不溶於水
  - 非極性分子

# 氫鍵是更弱的化學鍵

- 一對帶正電荷的氫原子對附近帶負電荷的氧原子或氮原子有一種微弱吸引力，而這種微弱的吸引力就稱為氫鍵（hydrogen bond）。
- 眾多氫鍵所加總的吸引力負責蛋白質三級結構的形成。
- 水分子之間的氫鍵負責許多水的重要特性，包括表面張力（surface tension）和毛細作用（capillary action）。



- 圖1.10 水分子之間的氫鍵。水分子的負電性氧原子與另一個水分子的正電性氫原子之間的吸引力進行微弱鍵結，而這些微弱的鍵結就稱為氫鍵。

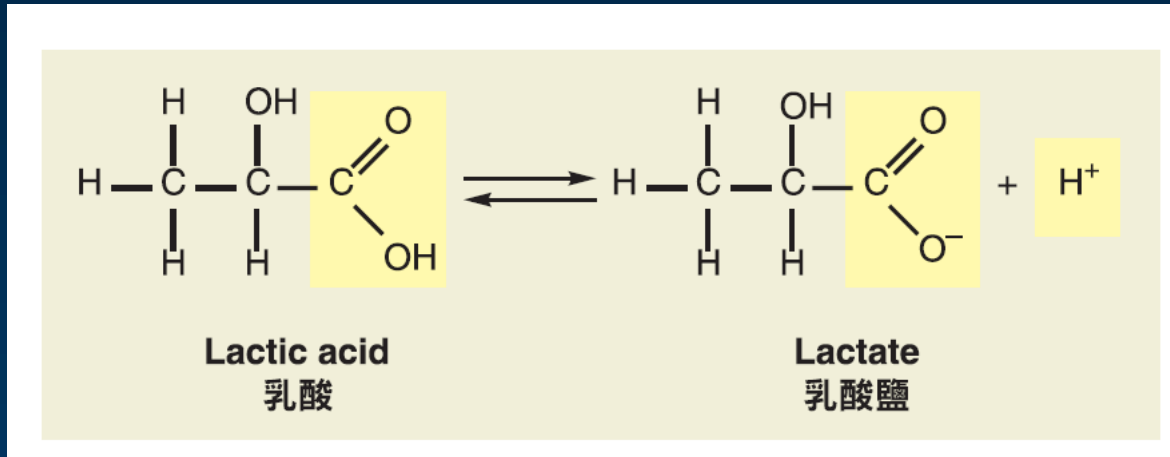
# 酸性和鹼性

- 當水分子解離或電解時，會產生一個 $H^+$ 和一個 $OH^-$ 。 $H^+$ 和 $OH^-$ 的濃度很低，僅 $10^{-7}$ 莫耳。
  - 當某種溶液有比水還高的 $H^+$ 濃度，屬於酸性（acidic）液體。
  - 若某種溶液比水有較低的 $H^+$ 濃度，則為鹼性（basic；alkaline）液體。



# 羧基

- 諸如胺基酸、脂肪酸、乳酸、檸檬酸和乙酸等有機酸，都有一個羧基（carboxyl group）。
- 羧基是微弱的酸，僅能解離出一些  $H^+$  到溶液裡，而留下  $COO^-$ 。



- 圖1.11 有機酸的羧基。羧基電解產生一個自由氫核，是為 H<sup>+</sup>。本圖以乳酸為例說明這個過程，雙重箭頭表示反應是可逆的。

# pH值

- H<sup>+</sup>濃度以pH值來表示
- pH值和H<sup>+</sup>濃度的關係可由下列公式描述：

$$\text{pH} = \log \frac{1}{[\text{H}^+]}$$

[H<sup>+</sup>]= H<sup>+</sup>莫耳濃度

- H<sup>+</sup>濃度是放在分母，顯示出 pH 值和 H<sup>+</sup>濃度呈「相反的關係」。

# pH值和酸鹼度

- 溶液  $\text{pH} = 7.0$  是中性的
- 溶液  $\text{pH} < 7.0$  是酸性的
- 溶液  $\text{pH} > 7.0$  是鹼性的
- 如果  $\text{H}^+$  濃度上升 10 倍，p 值下降 1。
  - 例如，水的 pH 值是 7，檸檬汁的 pH 值大約是 5，表示檸檬汁的  $\text{H}^+$  濃度是水的 100 倍。

# 1.4 碳水化合物和脂質具有不同特性

- 碳水化合物和脂質是身體的主要能量來源。雖然它們都由碳、氫、氧組成，但這些原子的比例並不同，而結構不同就有不同的物理特性。碳水化合物和脂質是大家族的分子，包含不同結構的次分類，在體內各有不同的用途。

# 有機分子

- 一定有碳元素，且通常再與氫、氧結合。
- 碳原子
  - 每個碳原子可能與其他原子形成四個鍵結。
  - 每個碳原子能與2至4個原子（包括碳原子）結合。
  - 形成長鏈或環狀等。

# 碳水化合物

- 所有碳水化合物都有相同比例的碳、氫及氧原子，一般碳水化合物的化學式是  $C_nH_{2n}O_n$ 。
  - $n$  代表某一數字。
  - 無論數字為何，碳原子與氧原子的數目都相同，且兩者的數目各是氫原子數目的兩倍。

# 單醣-1

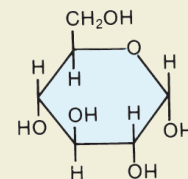
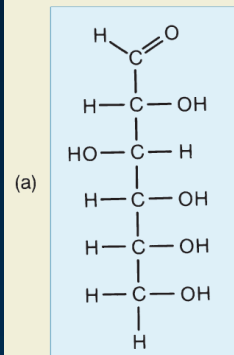
- 在碳水化合物次分類中是最簡單者：它們無法被分解成更小的碳水化合物。
- 在人類生理學的研究中，最重要的單醣有葡萄糖（glucose）、半乳糖（galactose）和果糖（fructose）。



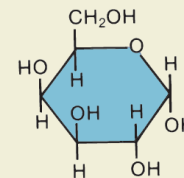
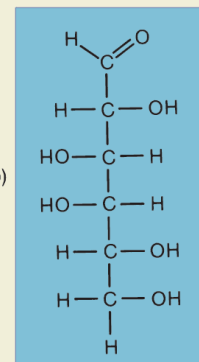
# 單醣-2

- 單醣都有 6 個碳，皆是同一個化學式：  
 $C_6H_{12}O_6$ 。
- 單醣有相同的化學式卻有不同的原子排列。
- 結構異構物（structural isomers）
  - 有相同的分子式，卻有不同的結構。

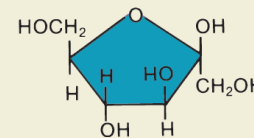
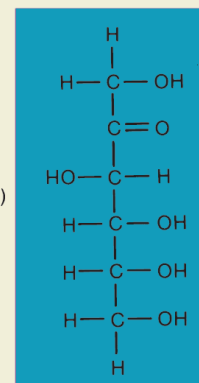
- 圖1.12 三種六碳糖的結構式。圖中有 (a) 葡萄糖、(b) 半乳糖、(c) 果糖。這三種六碳糖都有相同的原子比例： $C_6H_{12}O_6$ 。圖左清楚標示每個分子的原子，圖右的環狀結構顯示較正確的原子排列。



Glucose  
葡萄糖



Galactose  
半乳糖



Fructose  
果糖

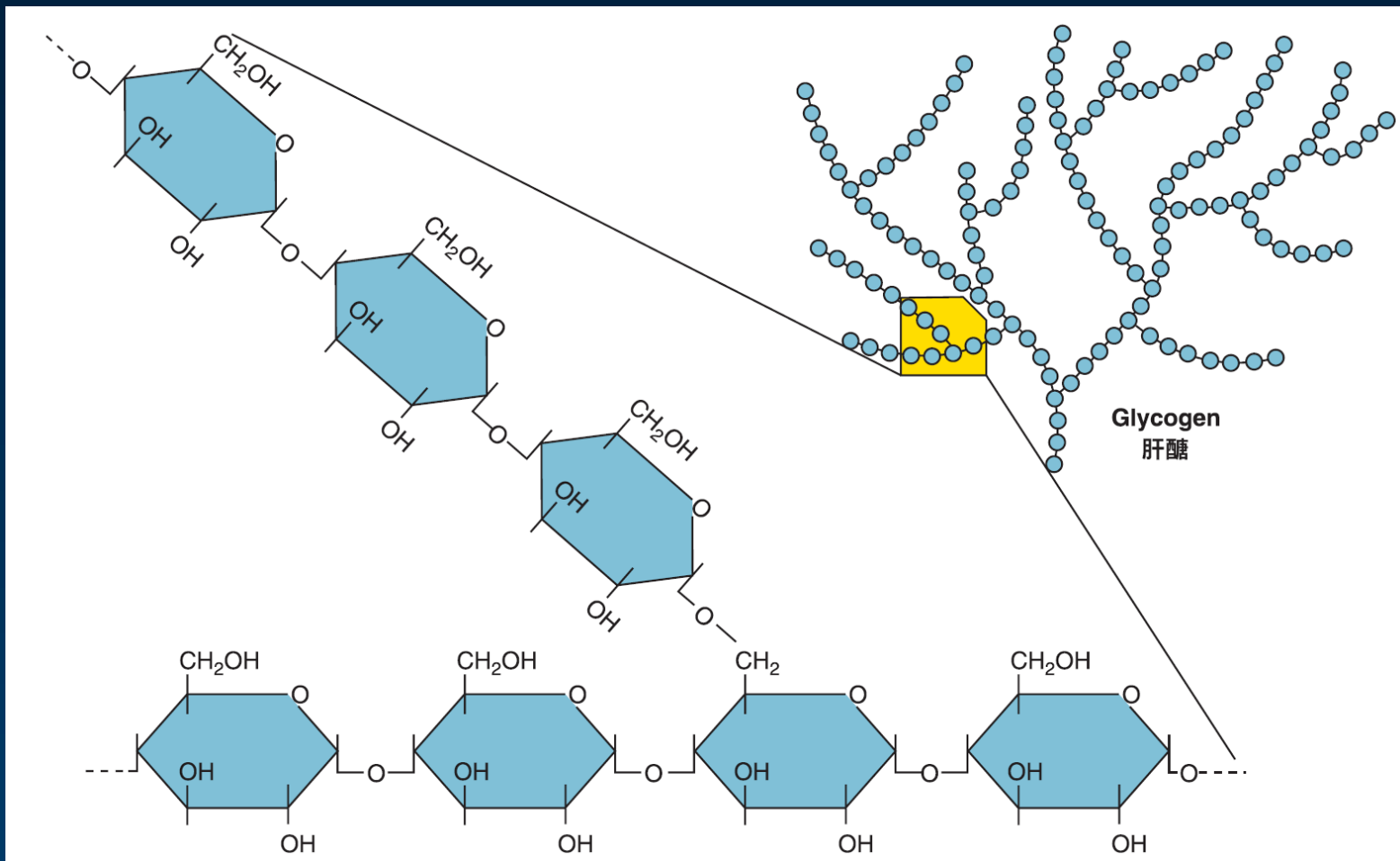
# 複合碳水化合物

- 雙糖

- 兩個單糖以共價鍵結合
- 蔗糖 (sucrose, 葡萄糖與果糖結合)
- 乳糖 (lactose, 葡萄糖與半乳糖結合)
- 麥芽糖 (maltose, 葡萄糖與葡萄糖結合)

- 多糖

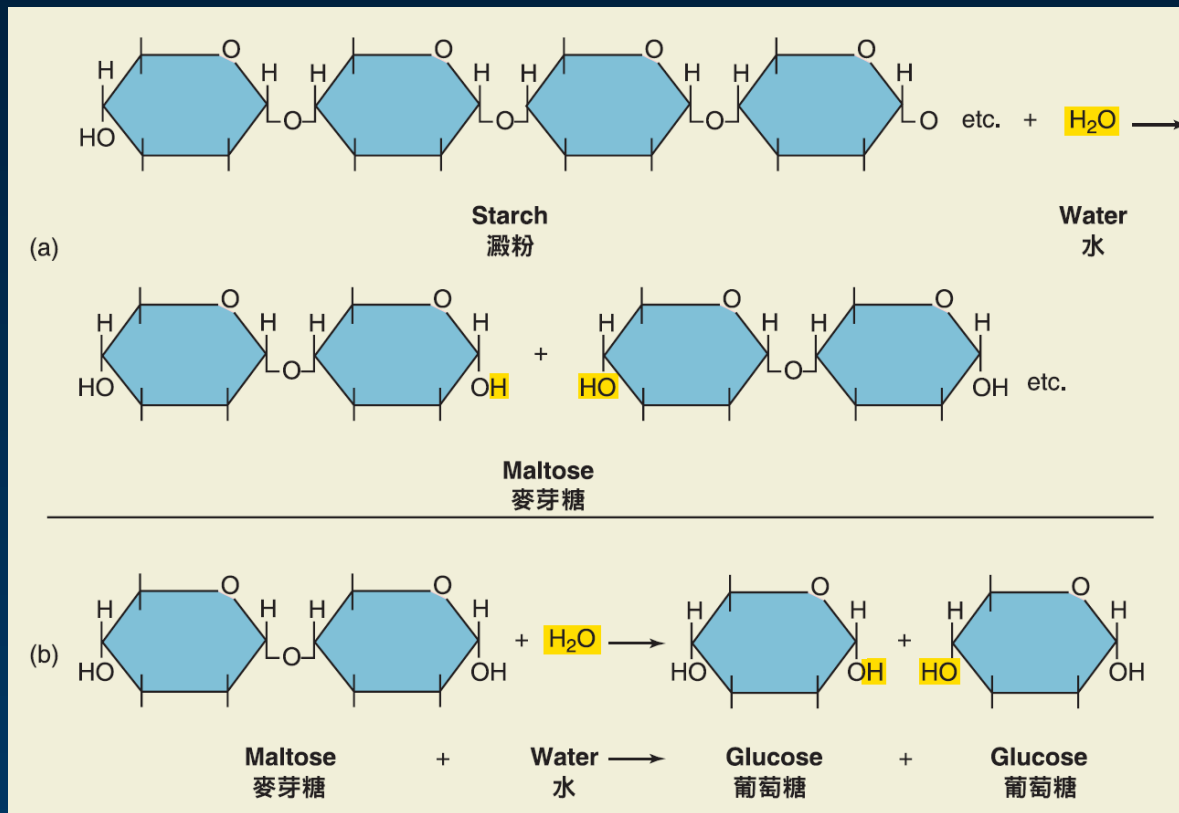
- 許多單糖共價結合
- 肝糖 (glycogen, 由數百個葡萄糖分子組成)



- 圖 1.13 肝糖結構。肝糖是葡萄糖聚合形成一個大型、高度分枝的多糖分子。

# 碳水化合物的水解

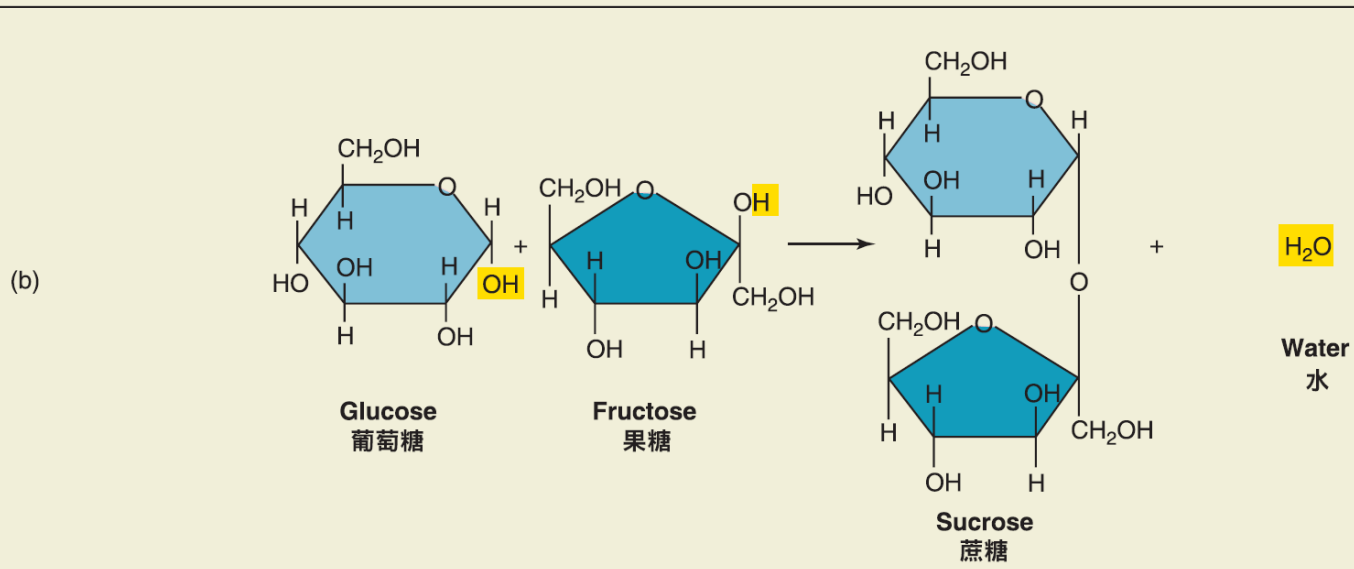
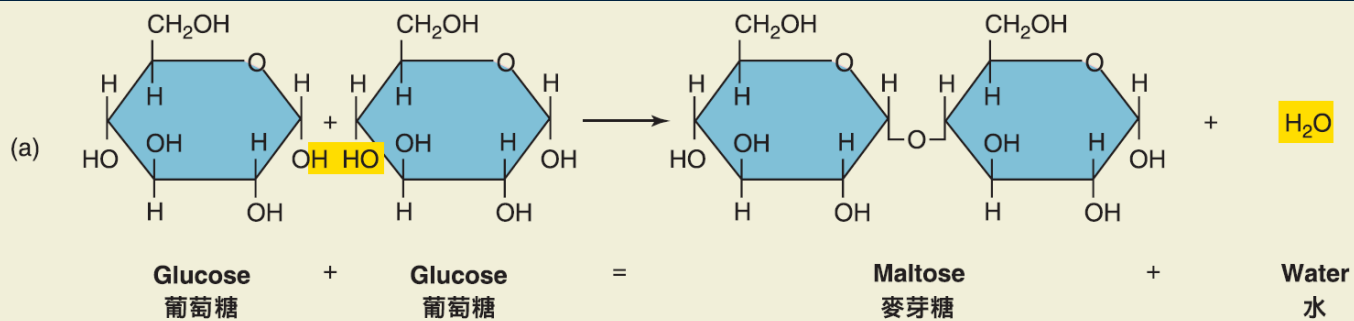
- 水分子的分解
- 它發生於多醣中葡萄糖子單元間的共價鍵被破壞時。
- 此一反應需要將一個葡萄糖分子去除氫原子（H），並從另一個葡萄糖分子去除羥基（OH）。



- 圖1.14 澱粉的水解。多醣首先被分解成 (a) 雙醣（麥芽糖），然後變成 (b) 單醣（葡萄糖）。注意，當子單元間的共價鍵被破壞，水分子就會被分離。此時，水分子的氫原子和  $\text{OH}^-$  會加到被分解之子單元的末端。

# 碳水化合物的合成

- 脫水合成
  - 在這個反應過程中，氫和羥基也被結合而形成水離子（HOH）或水。
  - 產物：水
  - 將較小子單元分子結合成大分子的過程



• 圖 1.15 雙糖的脫水合成。圖中表示兩種雙糖的合成：  
 (a) 麥芽糖和 (b) 蔗糖。當雙糖產生時，就會形成水分子。

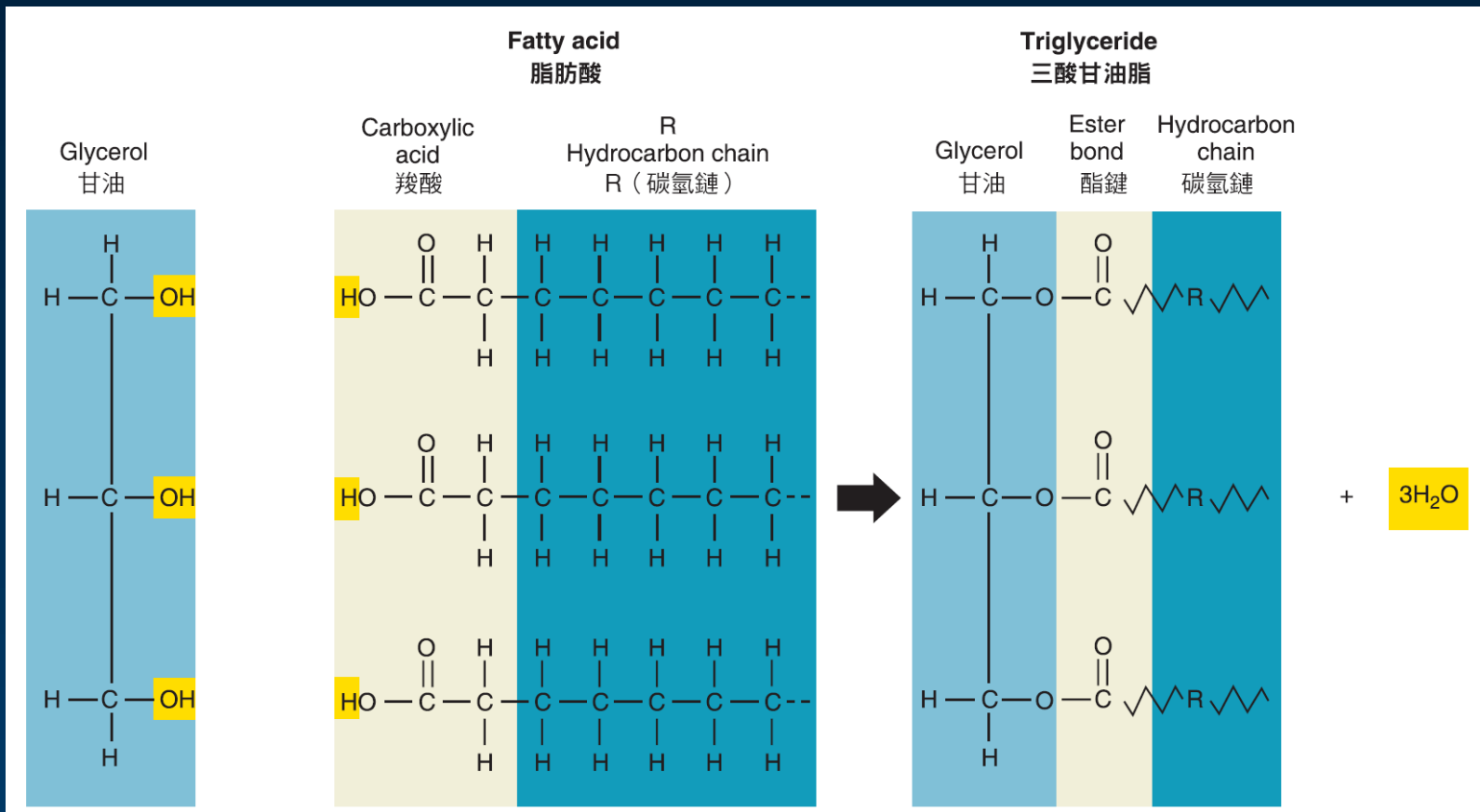


# 脂質

- 非極性有機分子
- 無法溶解在水中
- 主要包含三酸甘油脂、磷脂質和類固醇

# 三酸甘油脂

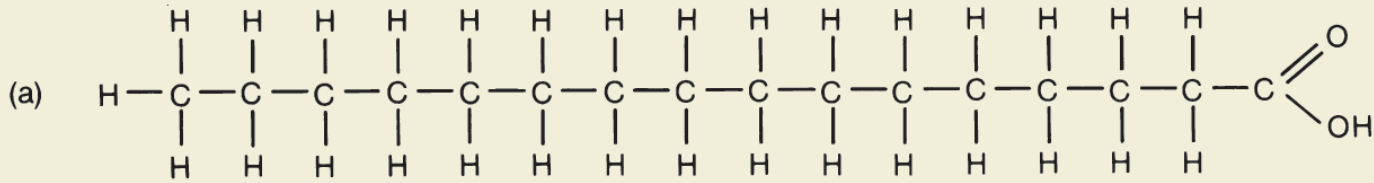
- 脂肪和油脂類
- 3個脂肪酸（fatty acids）分子與1個甘油（glycerol）分子結合，是一種脫水合成反應。



- 圖 1.16 甘油和 3 個脂肪酸透過脫水合成反應形成三酸甘油脂。每個脂肪酸和甘油之間形成鍵結時，會產生水分子。鋸齒狀線（以 R 表示）代表碳氫鏈。

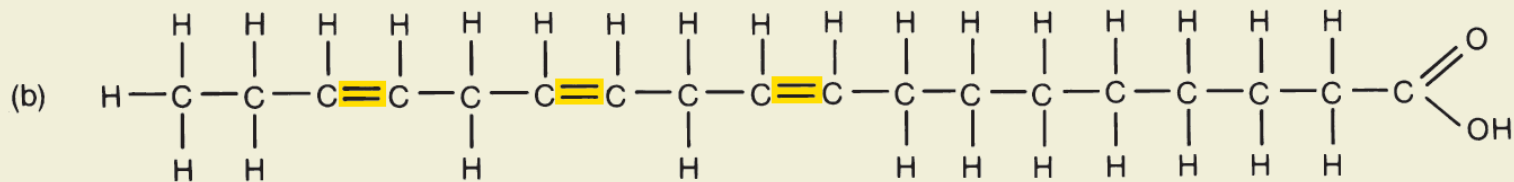
# 脂肪酸的類型

- 飽和
  - 碳原子間為單鍵
- 不飽和
  - 碳原子之間形成雙鍵



**Palmitic acid,**  
a saturated fatty acid

棕櫚酸  
(飽和脂肪酸)



**Linolenic acid,**  
an unsaturated fatty acid

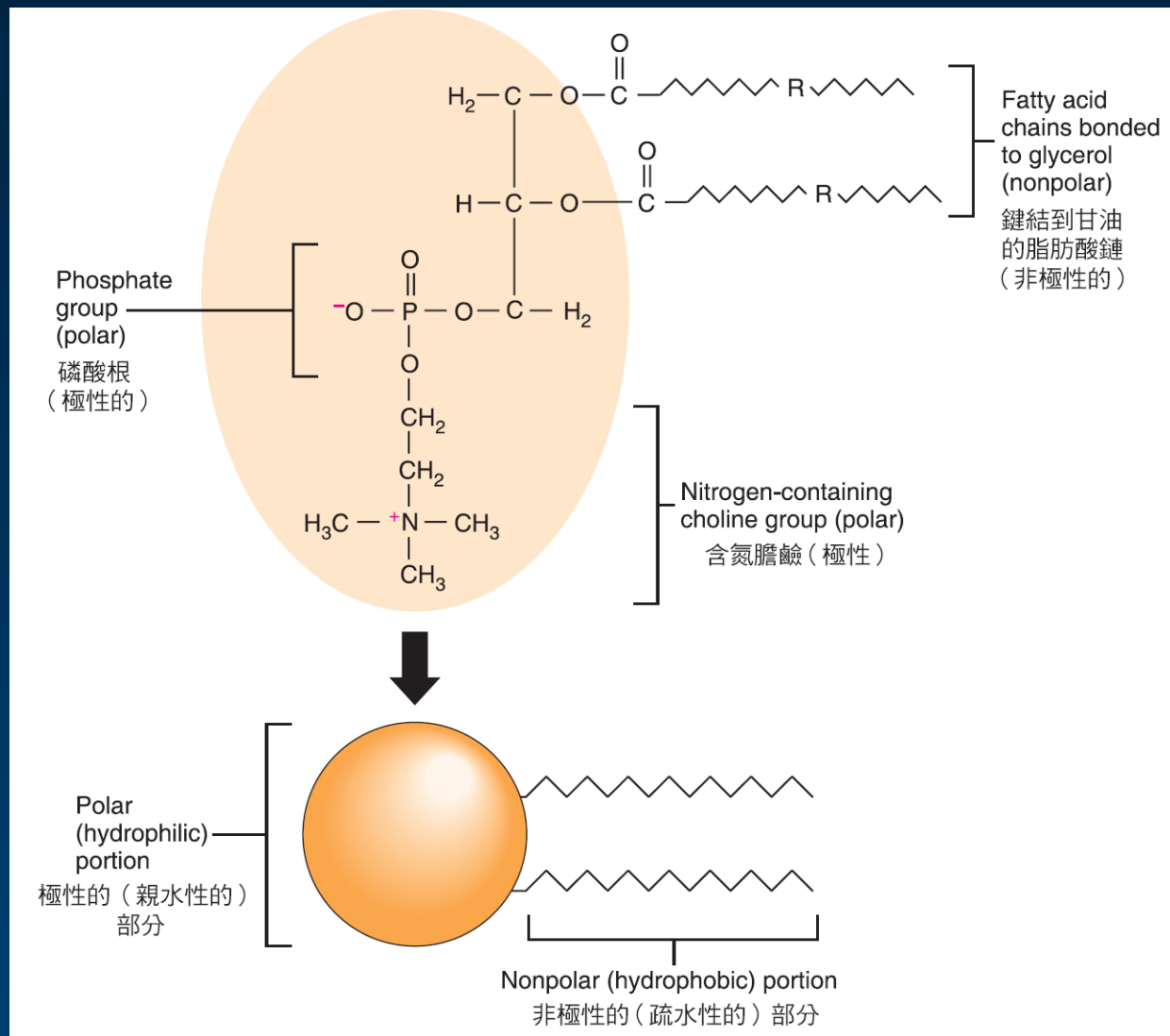
亞麻油酸  
(不飽和脂肪酸)

- 圖 1.17 脂肪酸的結構式。(a) 飽和脂肪酸的分子式與 (b) 不飽和脂肪酸的分子式。雙鍵 (黃色部分) 是不飽和點。

# 磷脂質

- 不溶於水
- 3 個碳長度的甘油與2 個脂肪酸結合
- 有極性部分和非極性部分
  - 極性部分進入並破壞水表面，而降低水的表面張力
  - 界面活性劑
- 是細胞膜的主要結構分子

圖 1.18 卵磷脂的結構。卵磷脂是磷脂醯膽鹼，膽鹼是此分子含氮的部分。上圖表示磷脂質的詳細結構，下圖則表示簡單的磷脂質結構。其中，圓形代表分子的極性部分，鋸齒狀線代表分子非極性部分。

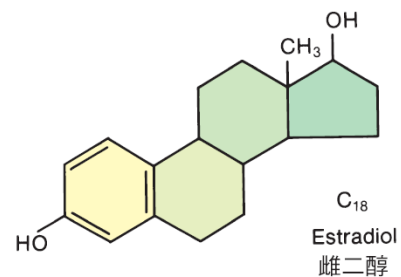
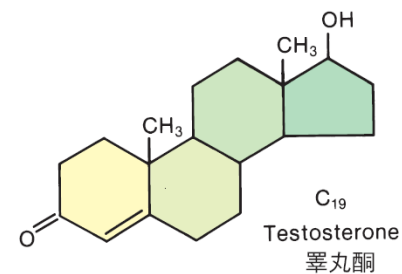
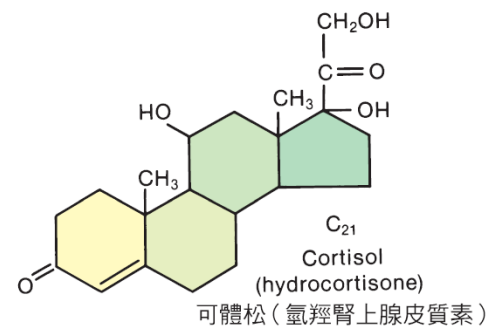
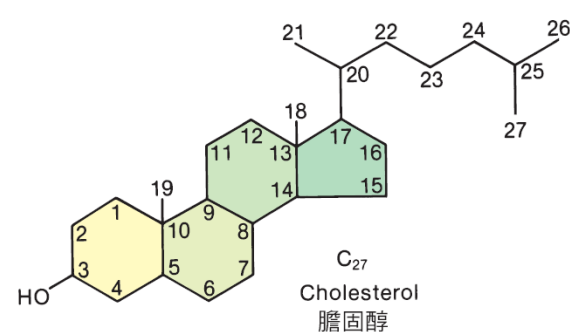


# 類固醇

- 膽固醇的衍生物
- 是生成類固醇激素的前驅分子
  - 類固醇激素是由性腺體產生（雌二醇和睪丸酮）
  - 皮質類固醇（corticosteroids）由位於腎上腺體外層的皮質產生
- 結構以環形表示——3 個六碳環和1個五碳環。



- 圖 1.19 膽固醇和衍生自膽固醇的類固醇激素。類固醇激素由性腺和腎上腺皮質分泌。膽固醇分子的碳原子位置用數字表示。



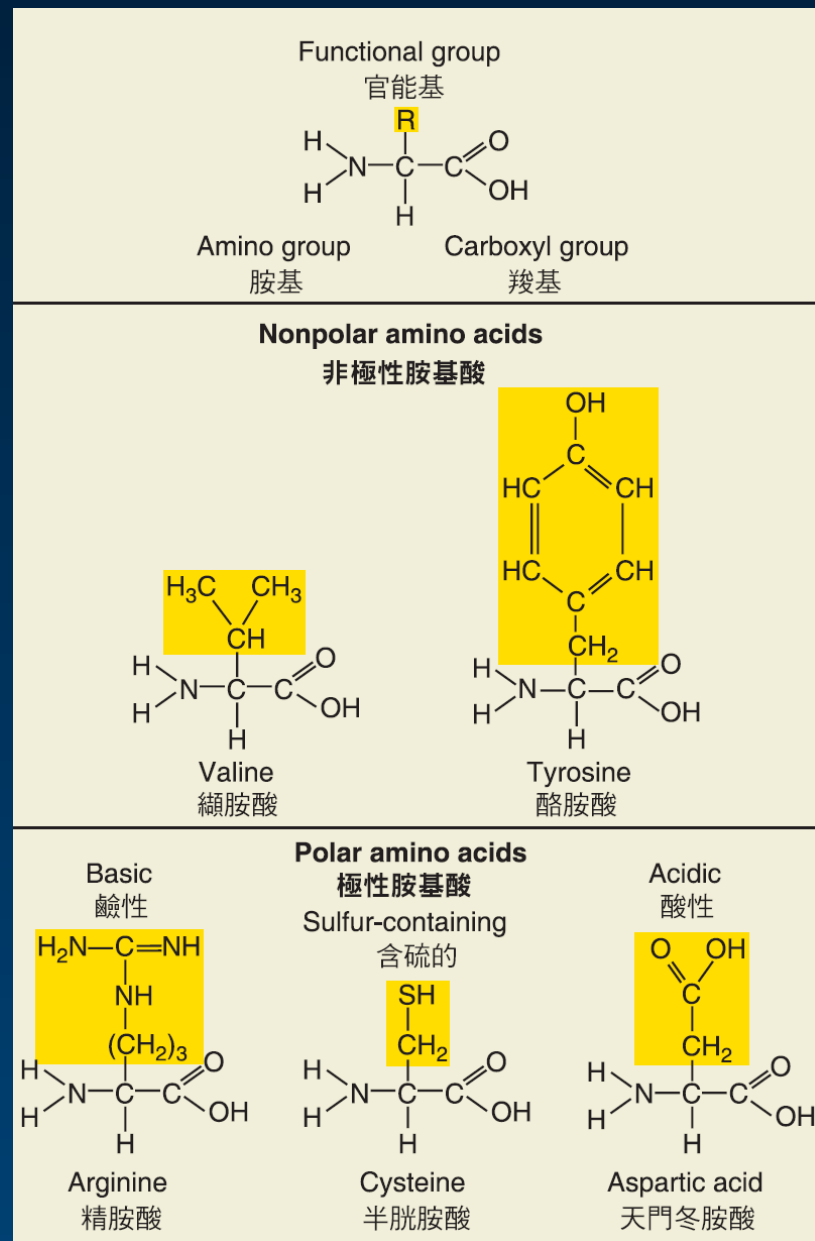
# 1.5 蛋白質與核酸

- 蛋白質與核酸（DNA 和 RNA）是非常大的分子，或稱巨分子。蛋白質是由子單元（胺基酸）形成，核酸的子單元則為核苷酸。蛋白質複雜的三維結構使酵素蛋白成為催化劑，來加速特定的化學反應。核苷酸鹼基的配對對 DNA 和 RNA 的作用是很重要的。

# 蛋白質

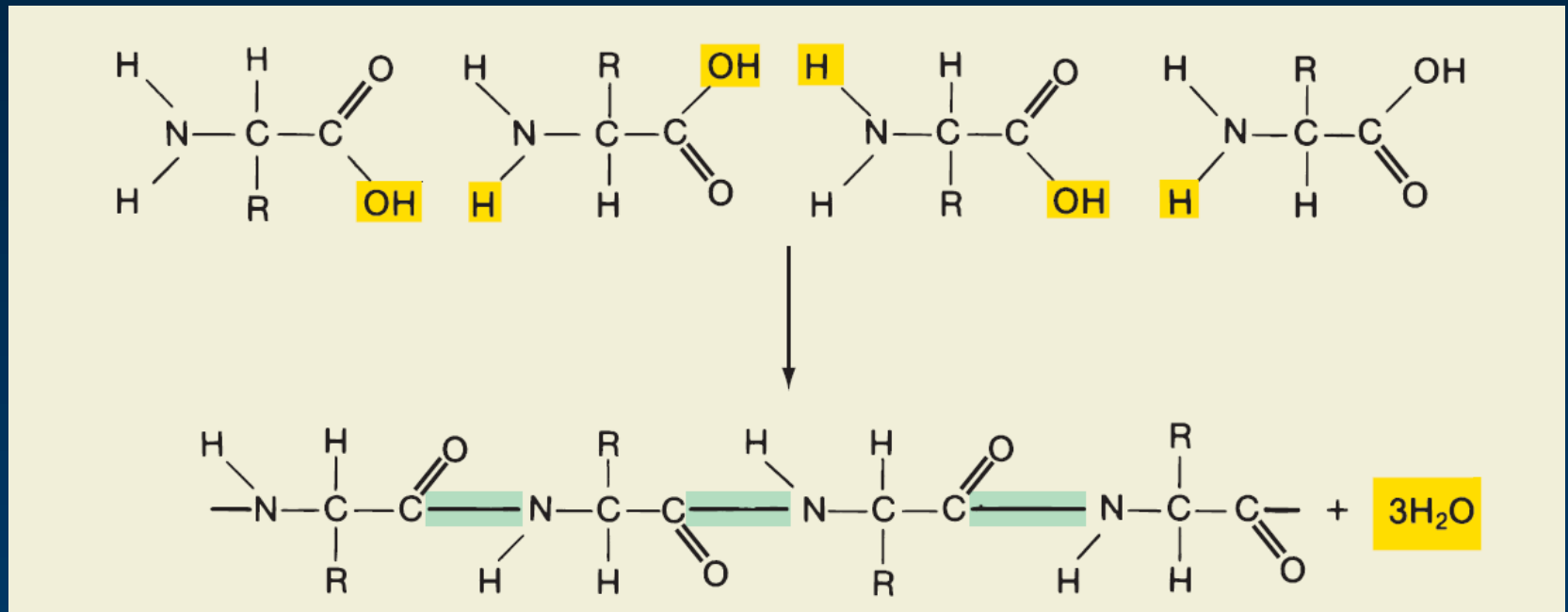
- 結構和功能多樣性
- 由 20 種不同的胺基酸組成
  - 氨基
  - 羧基
  - 官能基

- 圖 1.20 代表性的胺基酸。圖中表示不同類型的官能基 (R)。每個胺基酸的官能基排列和數目都不相同。



# 胜鍵

- 胺基酸經由脫水合成鍵結一起
- 當水分子產生時，胺基酸之間的鍵結形成，這些鍵結稱為胜鍵（peptide bonds）。
- 由胺基酸形成的鏈結稱為多胜肽（polypeptide）。當多胜肽夠大時（大約100個胺基酸），就稱為蛋白質。

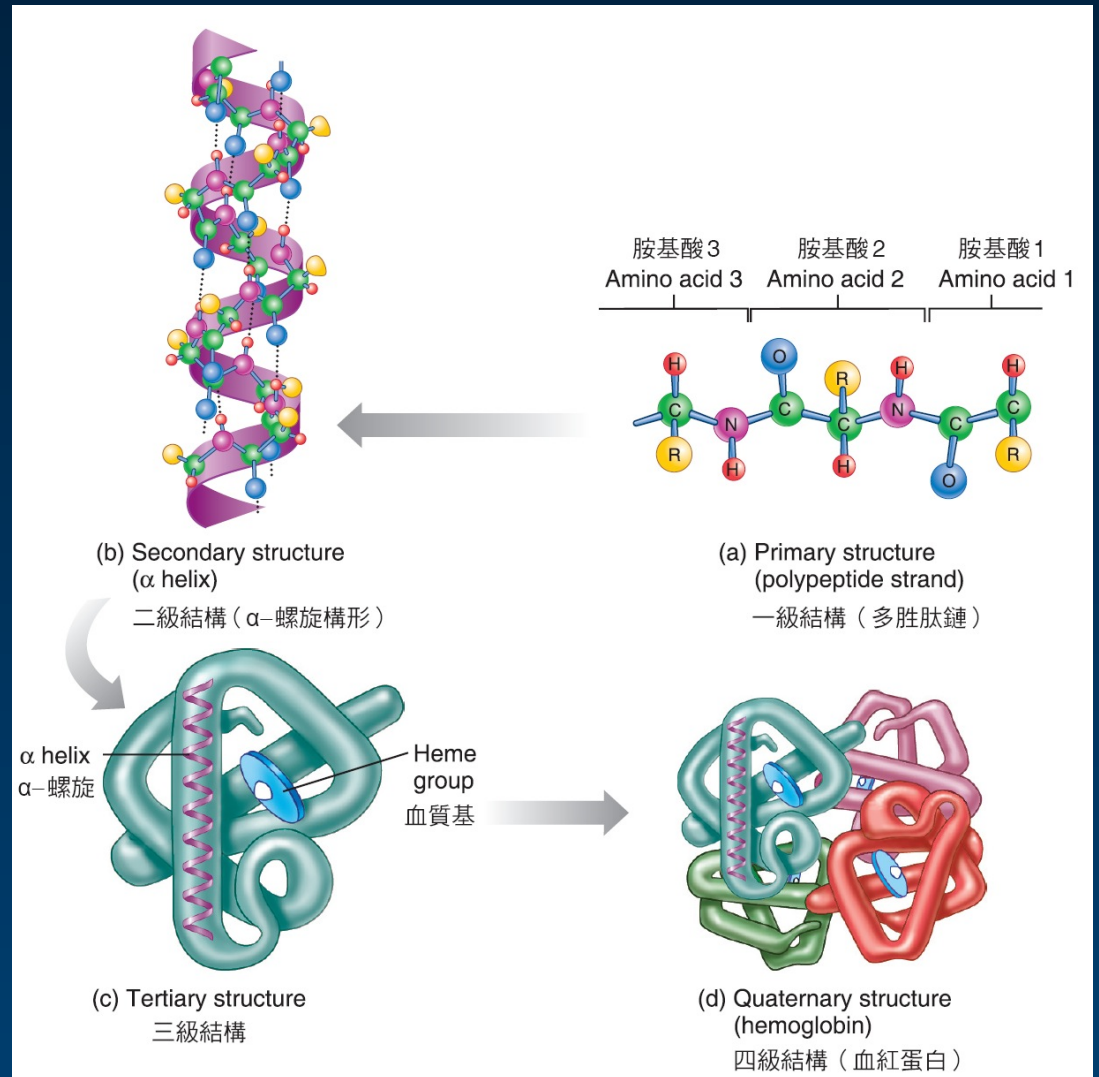


- 圖 1.21 脫水合成反應造成胜鍵的形成。胺基酸間的胜鍵（用黃色強調的部分）形成需要分解水分子。

# 蛋白質結構

- 一級結構
  - 胺基酸的特定序列
- 二級結構
  - 由於多胜肽胺基酸之間的相互作用，多胜肽可能扭轉成螺旋狀
- 三級結構
  - 蛋白質可能彎曲和扭轉成複雜的三維形狀
- 四級結構
  - 蛋白質由一種以上的多胜肽鍵結

- 圖 1.22 蛋白質結構。
  - (a) 一級結構指一條多胜肽鏈的胺基酸序列。
  - (b) 二級結構指的是胺基酸間以氫鍵形成的構形，這可以是 $\alpha$ -螺旋構形。
  - (c) 三級結構是蛋白質的立體結構。
  - (d) 蛋白質可以因二至三條多胜肽鏈鍵結成四級結構，這裡以血紅蛋白為例子，它是紅血球內攜帶氧的蛋白質。



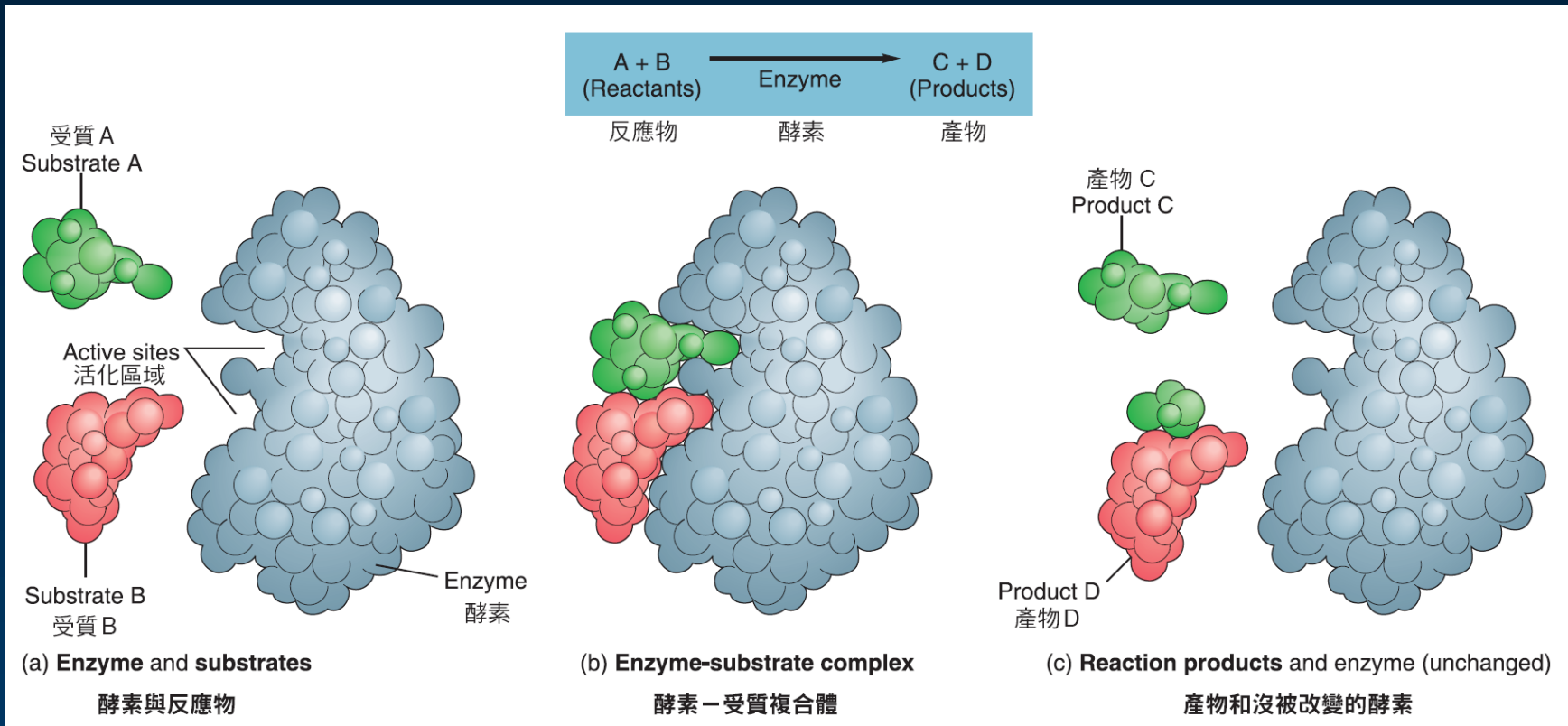


# 酵素

- 高度專一性的催化劑
  - 加快化學反應速率的物質
    - 降低反應的活化能
  - 既不會被反應改變，也不改變反應本質
- 酵素（enzymes）是有催化劑功能的蛋白質。

# 鎖和鑰匙模式

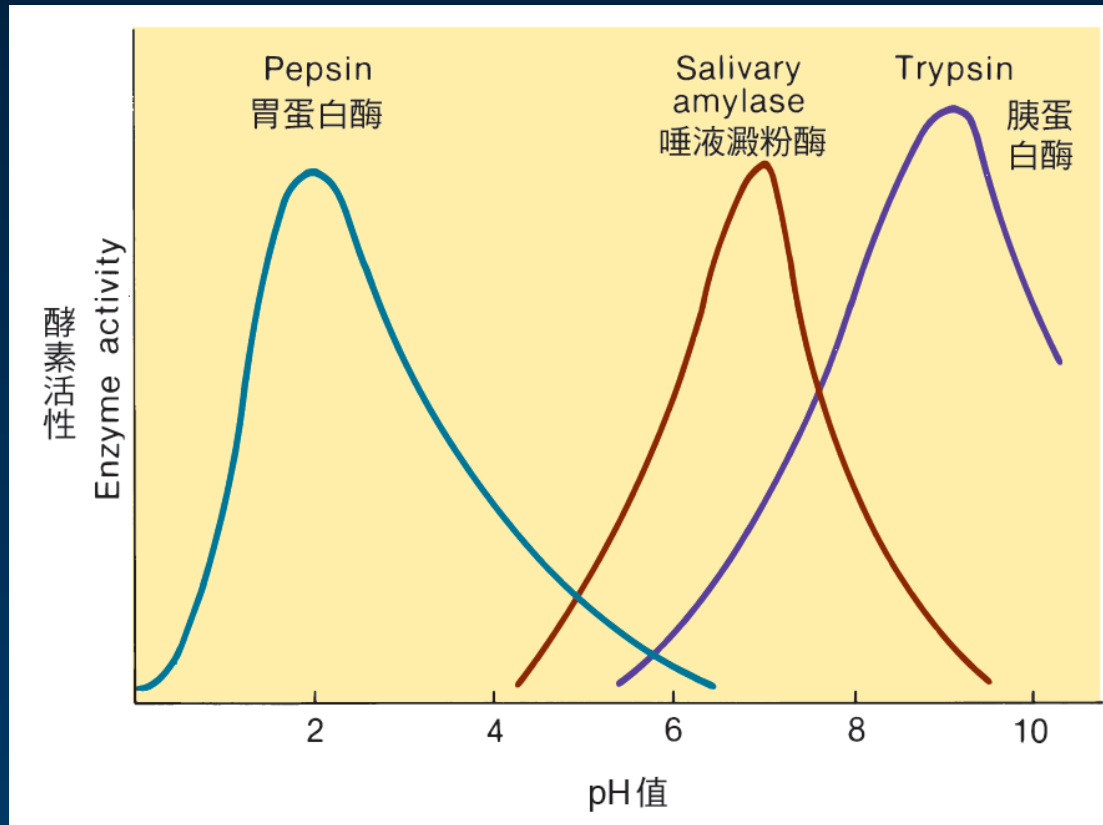
- 由酵素催化
  - 酵素有複雜結構
  - 在結構中為活化區域
    - 結合專一性的受質
    - 催化專一性的化學反應
    - 產生專一性的產物



- 圖 1.23 鎖和鑰匙的酵素作用模型。(a) 受質 A 和 B 結合到酵素的活化區域位置，形成酵素－受質複合體 (b)。複合體 接著解離 (c)，釋放反應產物及脫離酵素。

# 酵素功能能因環境狀況改變

- 酵素活性取決於活化位置的構形（此構形由蛋白質的三級結構決定），所以改變酵素的構形將影響它的活性。
  - 加熱過久
  - pH值變化



- 圖 1.24 pH 值對三種消化酵素活性的作用。在酸鹼值偏向中性的唾液內發現唾液澱粉酶；胃蛋白酶存在於酸性的胃液，胰蛋白酶是在鹼性的胰液中。

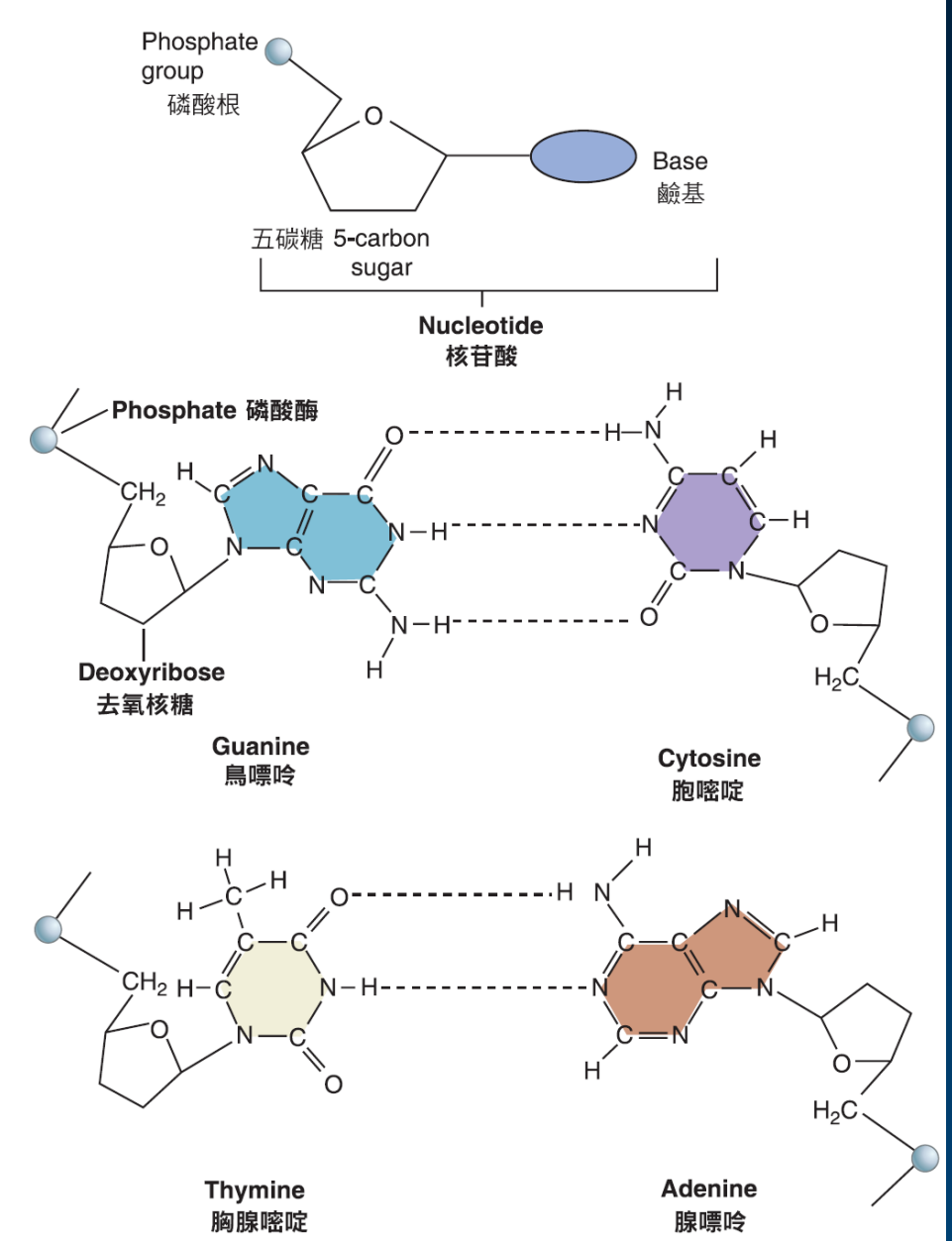
# 酵素命名

- 顯示酵素的作用
  - 水解酶促進水解反應
  - 磷酸酶去除磷酸根
  - 合成酶催化脫水合成反應
- 可知反應物和酵素的作用
  - 乳酸脫氫酶
- 指出產物和酵素的作用
  - 肝醣合成酶

# DNA(去氧核醣核酸)結構-1

- 核苷酸聚合物
  - 一個磷酸根、一個五碳糖分子（去氧核糖或核糖）和一個含氮鹼基
- 四個含氮鹼基
  - 腺嘌呤(A)、鳥嘌呤(G)、胞嘧啶(C)和胸腺嘧啶(T)
- 糖—磷酸骨架

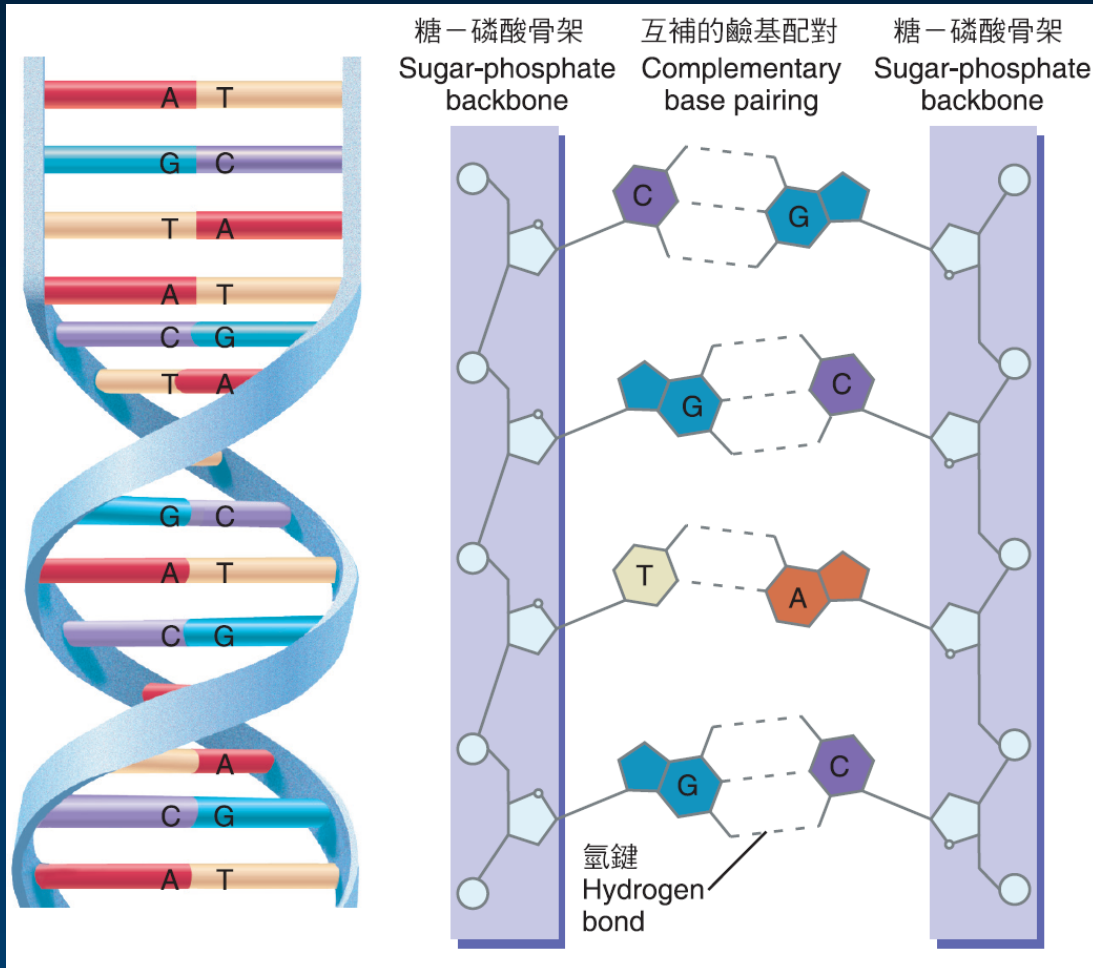
- 圖 1.25 DNA 核苷酸。  
 上圖為核苷酸的一般結構。  
 DNA 鹼基的鳥嘌呤與胞嘧啶表示在一條 DNA 上，腺嘌呤和胸腺嘧啶在另一條 DNA 上。  
 兩條 DNA 靠互補鹼基間的氫鍵（虛線）連接。





# DNA(去氧核醣核酸)結構-2

- 雙股螺旋結構
  - 鹼基之間靠微弱氫鍵配對形成雙股螺旋的二股 DNA
  - 互補鹼基配對定律
    - 腺嘌呤只能與胸腺嘧啶配對 (A-T)
    - 鳥嘌呤只能與胞嘧啶配對(G-C)



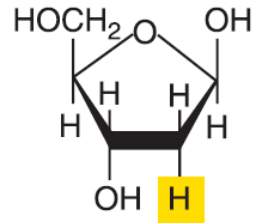
- 圖 1.26 DNA 的雙股螺旋結構。每條 DNA 以互補鹼基間的氫鍵把兩條 DNA 接合起來。

# RNA(核糖核酸)

- 也是由核苷酸以糖-磷酸鍵結聚合而成的長鏈分子。
- 與DNA的差異
  - 糖是核糖，而不是去氧核糖。
  - 鹼基是腺嘌呤、鳥嘌呤、胞嘧啶和尿嘧啶，而不是胸腺嘧啶
  - 是單股，而不是雙股
- RNA分子是DNA部分的互補拷貝。RNA 就像藍圖，根據 DNA 鹼基序列進行蛋白質的合成。

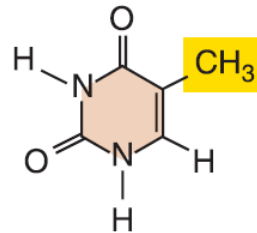
DNA nucleotides contain

DNA 核苷酸包含



Deoxyribose

去氧核糖

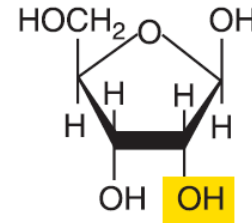


Thymine

胸腺嘧啶

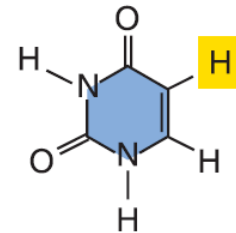
RNA nucleotides contain

RNA 核苷酸包含



Ribose

核糖



Uracil

尿嘧啶

instead  
of  
換成

instead  
of  
換成

- 圖 1.27 DNA 與 RNA 之間核苷酸和糖的不同。DNA 有去氧核糖和胸腺嘧啶；RNA 有核糖和尿嘧啶。DNA 和 RNA 都含有其他三種鹼基。