

簡明分子與細胞生物學

Molecules and Cells



原著

John Addis
Erica Larkcom
Ruth Miller

編譯

潘建呈
台灣大學碩士



Nelson Thornes Ltd
合記圖書出版社 發行

簡明分子與細胞生物學

Molecules and Cells



原著

John Addis
Erica Larkcom
Ruth Miller

編譯

潘建呈
台灣大學碩士



Nelson Thornes Ltd
合記圖書出版社 發行

Nelson Advanced Science

Molecules and Cells

By *John Addis*
Erica Larkcom
Ruth Miller

ISBN 0-17-448293-0

Copyright © Nelson Thornes Ltd. Published in the UK by: Nelson Thornes Limited, Delta Place, 27 Bath Road, Cheltenham GL53 7TH.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopy, recording or any information storage and retrieval system, without permission in writing from the publisher.

Copyright © 2006 by Ho-Chi Book Publishing Co.

All rights reserved. Published by arrangement with Nelson Thornes Ltd.

Ho-Chi Book Publishing Co.

- Head Office 322-2, Ankang Road, NeiHu Dist., Taipei 114, Taiwan.
TEL: (02)2794-0168 FAX:(02)2792-4702
- 1st Branch 249, Wu-Shing Street, Taipei 110, Taiwan.
TEL: (02)2723-9404 FAX:(02)2723-0997
- 2nd Branch 7, Lane 12, Roosevelt Road, Sec. 4, Taipei 100, Taiwan.
TEL: (02)2365-1544 FAX:(02)2367-1266
- 3rd Branch 120, Shih-Pai Road, Sec. 2, Taipei 112, Taiwan.
TEL: (02)2826-5375 FAX:(02)2823-9604
- 4th Branch 24, Yu-Der Road, Taichung 404, Taiwan.
TEL: (04)2203-0795 FAX: (04)2202-5093
- 5th Branch 1, Pei-Peng 1st Street, Kaoshiung 800, Taiwan.
TEL: (07)322-6177 FAX:(07)323-5118
- 6th Branch 632, ChungShan Road, Hualien 970, Taiwan.
TEL: (03)846-3459

本書經原出版者授權翻譯、出版、發行；版權所有。
非經本公司書面同意，請勿以任何形式作翻印、攝影、
拷錄或轉載。

國家圖書館出版品預行編目資料

簡明分子與細胞生物學 / John Adds, Erica
Larkcom, Ruth Miller 原著；潘建呈編譯。
- 初版。- 臺北市：合記, 2006 [民 95]
面；公分
譯自：Molecules and cells
ISBN 978-986-126-364-9 (平裝)
986-126-364-0
1. 分子生物學 2. 細胞

361.28

95012847

書名 簡明分子與細胞生物學
編譯 潘建呈
執行編輯 王雪莉
助理編輯 金明芬
發行人 吳富章
發行所 合記圖書出版社
登記證 局版臺業字第 0698 號
社址 台北市內湖區(114)安康路 322-2 號
電話 (02)27940168
傳真 (02)27924702
網址 www.hochi.com.tw

總經理 合記書局
北醫店 臺北市信義區(110)吳興街 249 號
電話 (02)27239404
臺大店 臺北市中正區(100)羅斯福路四段 12 巷 7 號
電話 (02)23651544 (02)23671444
榮總店 臺北市北投區(112)石牌路二段 120 號
電話 (02)28265375
臺中店 臺中市北區(404)育德路 24 號
電話 (04)22030795 (04)22032317
高雄店 高雄市三民區(807)北平一街 1 號
電話 (07)3226177
花蓮店 花蓮市(970)中山路 632 號
電話 (03)8463459

郵政劃撥 帳號 19197512 戶名 合記書局有限公司

西元 2006 年 9 月 10 日 初版一刷

前言

Introduction

本系列叢書是由艾迪賽爾 (Edexcel) 高等輔助教材還有高等 GCE 生化及生物 (人類) 教材標準及其附件等等的主要編輯者還有相關人士所撰寫。

簡明分子與細胞生物學是尼爾森高等科學 (NAS) 叢書四本中的一本。這些書籍是經由修正以及重新編纂尼爾森高等基準科學 (NAMS) 叢書來的，因此這些書籍能夠符合 2000 年 9 月份的艾迪賽爾教材標準。這些書籍對於其他高等輔助教材還有課程也是有助益的。

簡明分子與細胞生物學內容包括了艾迪賽爾教材標準的單元一的部分，並且引入了一些生化課程的重要基本觀念、基礎。它也提供了研讀其他單元的良好基礎。這本書包括某些重要生物分子，例如水分子、碳水化合物、脂類、蛋白質還有核酸，這些分子的結構還有所扮演的角色；另外包括一些基因密碼還有蛋白質合成的內容。瞭解了蛋白質結構就能夠研讀酵素還有其他影響酵素活性因素物質的結構。

單元一中的其他章節包括了原核細胞還有真核細胞的組織；其他附帶有細胞有絲分裂還有在生長以及取代過程中子細胞間的不同基因資訊移轉過程等等內容。

這套課程標準的內容適用於 AS GCE 以及 AGCE 生化及生物 (人類) 課程標準。

本叢書的其他資源 (Other resources in this series)

NAS 生物學工具、科學以及附件是學生及老師的課程指導。使用這四本學生用教科書，能夠提供實際操作、實地考察、還有統計學上的創意還有支持。而且核心技術貫串於其中。這課程指導也提供了準備相關考試的建議。

尼爾森高等生物及人類學 AS 及 A2 等級是修訂過的學生課程指導，因此可以搭配其他叢書來使用。它們幫助學生培養出學習還有反思的習慣以檢視自己的知識、瞭解還有練習應試的技巧。

使用本書須知—學生注意事項 (Features used in this book-notes to students)

NAS 生物用教科書是設計成爲了要幫助你瞭解還有學習本書中提供的資訊、並且幫助你應用這些資訊到你的課堂上。

下列各種編排在NAS生物叢書中都可以見到。

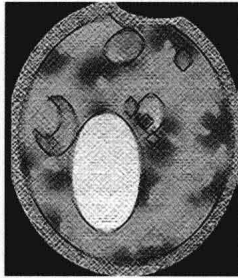
內文提供每單元的完整介紹。關鍵字以粗體字表示。

4

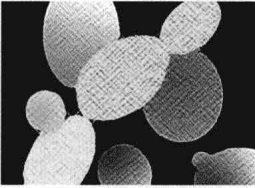
細胞結構

Cellular organisation

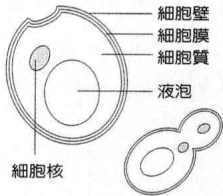
細胞、組織和有機體 (Cells, tissues and organisms)



(a)



(b)



(c)

圖 4.1

(a) 電子顯微鏡下觀察到的酵母菌細胞 (示意圖); (b) 掃描式電子顯微鏡下的酵母菌細胞 (示意圖);

有機生命體和無生命體的分別在於能夠進行呼吸作用、消化作用、排泄作用、移動功能、感知行為、成長還有再生作用等等功能。所有的生命體都有稱為**細胞 (cell)**的基本單位組成。只含有單一細胞而且所有的特徵行為都發生在這個細胞中的有機體稱為**單細胞的**，而由很多細胞組成的稱為**多細胞的**。

單細胞的一個好範例是真菌中的**酵母菌 cerevisiae**，一般稱為啤酒酵母，因為在特定情況下能夠產生酒精。透過顯微鏡的觀察 (圖 1.1a)，每個細胞都有一個單純的結構，包含被**細胞質**圍繞的**細胞核**，而**細胞質**被**細胞膜**所包住。在有機體中，具有生命的物質被不具生命的**細胞壁**圍繞。所有需要維持生命的化學反應都在細胞中進行。而需要加入新的物質以促進成長，而當細胞達到一個特定尺寸後，將會進行再生並且產生新的細胞 (圖 1.1b)。

細胞的聚集 (Aggregations of cells)

多細胞有機體具有很大的結構相異性，包括進行相同作用的相似細胞中的單純群體或是聚落還有含有上千種特定細胞的複雜個體。在最單純的聚落中，成分細胞呈現很少數的協調性，而隨著有機體複雜性增加，細胞會特異化以進行不同的功能，而這將能夠對整體有機體的效率有幫助。進行類似作用的細胞稱為**組織 (tissues)**，而組織組成了**身體器官 (organs)**。例如在哺乳類中，有為數眾多的高度特異化肝細胞。具有相同的結構且進行相同的反應。肝組織和它的組織像是血液等等會組成我們稱為**肝臟**的身體器官。

植物的葉子也是一個器官，由很多不同的組織構成。某些組織是比較單

書頁邊緣的**定義欄**加強並且擴充了某些關鍵專有名詞的定義。

定義 (DEFINITION)

一個密碼子含有三個核苷酸鹼基的順序，而能夠將特定氨基酸編碼。

因為氨基酸的性質是決定於聚肽長鏈中氨基酸的特定順序，假設DNA上的順序決定了氨基酸在聚肽上排列的順序似乎蠻合乎邏輯的。這種DNA鹼基和氨基酸之間的關係稱為**遺傳密碼 (genetic code)**。因為有20種常見的氨基酸而只有4種鹼基，很明顯的一個以上的核苷酸是由同一種氨基酸編碼所概括的。一個含有兩個鹼基的密碼只能提供16種氨基酸，但是如果一個密碼有三個鹼基 (三聯體)，則有64種可能的組合，超過20種氨基酸。這稱為**鹼基三聯體假設**，這是可以接受的，而這個三聯體就稱為密碼子。

額外教材 (ADDITIONAL MATERIAL)

病毒 (Viruses)

病毒比細菌小得多，因此無法用光學顯微鏡觀察（圖 4.17）。尺寸約從 20 到 400 nm 不等，而且不含有細胞結構，因此它們被稱為無核的 (**akaryotic**)。它們會寄生在植物、動物還有細菌的細胞間，完全依靠它們的宿主細胞。它們和其他生命體共同的特徵就是一旦它們存在宿主細胞內的時候就可以複製。病毒並不會呼吸、攝食、排泄、移動、生長或是對刺激有所反應。它們會分解正常細胞，常常會對宿主組織有傷害性的影響，因此它們常常和疾病有關。

病毒由以下物質構成：

- 核酸核心
- 蛋白質外鞘或稱衣殼

核酸可以是：

- 雙股 DNA，例如在 *Herpes simplex* 中的，會導致感冒
- 單股 DNA，例如在 *parvovirus* 中的，會導致腸胃炎
- 單股 RNA，例如在感冒病毒還有人體免疫缺乏病毒 (HIV)

大部分會導致植物產生疾病的病毒像是煙草鑲嵌病毒，含有 RNA。包覆核酸的衣殼含有許多稱為衣殼粒 (**capsomeres**) 的次單位，排列成幾何結構。此外，某些病毒具有碳水化合物或脂蛋白構成的外層覆膜，很多噬菌體 (**bacteriophages**) (細菌病毒) 具有尾巴，因此能夠住宿主細胞（圖 4.18A）

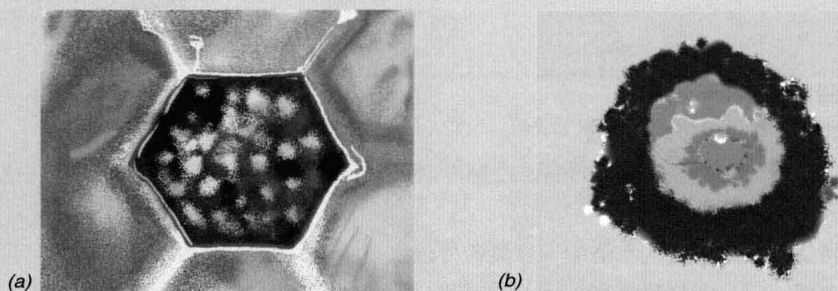


圖 4.17

電子顯微鏡圖 (a) 噬菌體 T₂，會寄生在大腸桿菌上，放大示意圖；(b) 菸草鑲嵌病毒 放大示意圖

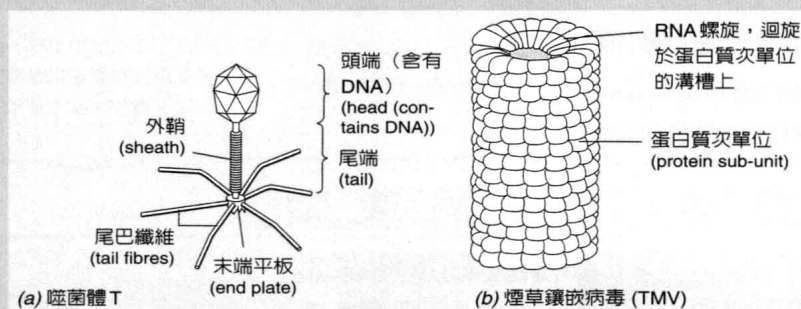


圖 4.18 結構 (a) 噬菌體 T₂；(b) 菸草鑲嵌病毒

有額外教材的欄位給予了進一步的資訊以幫助你瞭解你正在研讀的章節。這些資訊提供了更多的細節或是提供更多的範例，將可以延伸你對本章節的瞭解，但是多半不是艾迪賽爾教材標準的內容之一。

實際調查提供了培養實際操作的機會。每個實際調查都提供了你執行或者分析你實作的指導。

實際操作
(PRACTICAL)

溫度對胰蛋白酶活性的效應
(The effect of temperature on the activity of trypsin)

簡介 (Introduction)

酪蛋白是一種牛奶中的蛋白質。當酪蛋白懸浮液被水解之後，懸浮液會先變成渾濁但是在產物溶解以後則變的澄清。這個水解過程是由胰蛋白酶這種蛋白質酵素催化的。這個實驗的目的是要調查溫度對胰蛋白酶活性的效應，我們將使用酪蛋白當受體。如果將試管定時的以黑色卡片對照之下，酪蛋白懸浮液澄清度的改變是易於觀察的。

材料 (Materials)

- 酪蛋白懸浮液 4% (使用 Marvel 奶粉，4% 溶液)
- 胰蛋白酶溶液，0.5%
- 蒸餾水
- 試管及試管架
- 移液管或是注射器
- 玻璃燒杯或是水浴用燒杯
- 溫度計
- 黑色卡
- 碼表

實驗步驟 (Method)

1. 設立一 30 °C 的水浴裝置
2. 使用移液管將 5 cm³ 的酪蛋白懸浮液裝到一個試管中而將 5 cm³ 的胰蛋白酶溶液裝入另一個試管中
3. 將這兩個試管置入水浴中，靜置數分鐘到達水浴的溫度
4. 準備一份控制試管含有 5 cm³ 的酪蛋白還有 5 cm³ 的蒸餾水。將這個試管置入水浴中
5. 將酵素和受體混合在一起後取代水浴中的試管。開始以碼表計時
6. 小心觀察試管中的成分，用一片黑色紙卡比對，記錄懸浮液變成澄清所花的時間
7. 在不同範圍的溫度之下重複實驗，例如在 25 °C 到 65 °C 之間。記得每一次都要使用相同體積的酪蛋白還有酵素溶液

結果與討論 (Results and discussion)

1. 請解釋控制試管的功能。

在書頁邊緣的複習問題幫助刺激你反思並瞭解你所研讀的章節。

問題 (QUESTION)

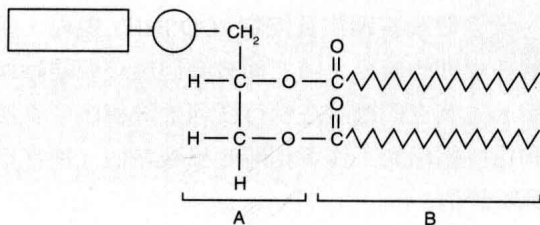
纖維素酶在食品業上的其中一個應用是清潔機器中的管線。什麼東西可能累積在管線中而為什麼纖維素酶可以幫助去除掉呢？

纖維素酶 (Cellulases)

纖維素酶能夠分解纖維素變成較短的長鏈，之後分解成雙糖的纖維二糖 (cellobiose) 還有 β -葡萄糖 (圖 3.8)。真菌包括曲黴屬 (*Aspergillus*)、(trichoderma)、青黴菌屬 (*Penicillium*)。這類的纖維素酶在食品業上有受限制的應用性，但是能夠應用在製酒業的產生更多發酵糖、柳橙還有檸檬汁的澄清、增進果皮顏色的釋出、減少啤酒泡還有軟化綠豆。當配合使用結合酶後，纖維素酶可能在廢棄物處理方面有極大的潛力，像是處理稻草、甘蔗渣、鋸木屑還有報紙，從這些材料中所含的纖維素來產

第一章 分子 (Molecules)

1. 磷脂質的結構



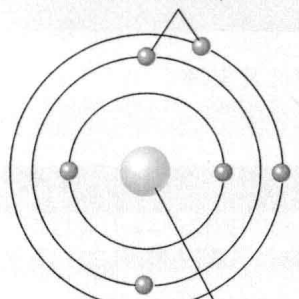
- (a) (i) 命名A和B部分 [2]
 (ii) 命名A和B之間化學鍵斷裂的反應 [1]
 (b) 磷脂質是細胞膜的主要成分。請解釋磷脂質在形成細胞膜過程中重要的性質。 [3]
- (總共 6分)

艾迪賽爾 GCE 生物 (6041) 1999 六月

在本書的結尾部分會有**附帶問題**。這是你會在你的考試中所發現的高等輔助教材標準中常見的典型問題，而且將能夠幫助引培養應試所需要的技巧。

附錄包括了對於整個課程都有幫助的物理科學的資訊。有用的數學還有統計學的資訊可以在生物學工具、科學還有附件中找到。

電子，其軌道環繞原子核
(electrons, which orbit
around the nucleus)



原子核，含有質子及中子
(nucleus, consisting of protons and neutrons)

圖 A.1

原子示意圖。原子核含有質子及中子，並且被繞著軌道運行的電子包圍著。質子帶有正電，而電子帶有

原子、電子、離子和元素 (Atoms, electrons, ions and elements)

原子含有原子核，而原子核含有質子、中子，並且被電子雲包圍住。每個質子都帶有正電 (+) 而這些質子的個數（稱為**原子序 (atomic number)**）則決定了原子的性質。中子的質量和質子相近，但是它們不帶電荷。地球上自然界含有的元素包含從 1 到 92 個質子。例如，氫原子在原子核中只含有一個質子而氧原子有八個。原子核中的正電數目會被帶負電 (-)、軌道環繞原子核的電子中和掉。一個質子的正電荷會被一個電子的負電荷中和掉。電子的質量很小（大約只有質子質量的 1/1840）。

有時候，原子會失去一個或多個電子，因此原子核中的正電數目不再會被負電荷中和。一個電子數目和質子數目不不同的原子稱為**離子 (ion)**。離子有一個總和電荷：如果失去電子則離子會呈現正電 (+)；如

第一章 分子 (Molecules)

1. (a) (i) A = 甘油；B = 脂肪酸（殘基）； [2]
 (ii) 水解 [1]
 (b) 極性分子 / 具有親水性頭端還有疏水性尾端；形成雙層 / 雙分子層薄膜；極性 / 親水性頭端指向外 / 非極性 / 疏水性尾端指向外。 [3]

(總共 6分)

你也會發現一些針對這些問題的**評分欄頁**。這些將能夠幫助你自己驗證自己的知識以及瞭解的程度。

教師需注意的事項 (Note to teachers on safety)

頒布了實際指示以後，我們需要用標準符號來指出有毒性的物質，並且提供建議適當的事前警告。另外指導教師們也需要有警覺到自己在工作健康以安全工會、危害健康有毒物質控制 (COSHH) 規範、還有工作規範中健康及安全管理規則的義務。這方面教師們應該要隨時遵循著這些組織或章程的指示。尤其它們應該在執行任何危險程序或者使用危險物質微生物之前諮詢這些組織的工作者相關的風險評估（通常是在標準安全措施中的典型風險評估）。

在執行實際工作方面，應該鼓勵學生們自己進行風險評估，也就是說他們應該要辨識出有毒物質並且找出適當的降低風險的方法。然後這些方法仍然需要被老師或者授課者檢查過。學生們也一定要知道發生意外例如火災時候的處理方法。

老師還有授課者應該要熟悉安全處理的方法，這些資訊應該要請教專業人士。

致謝 (Acknowledgements)

作者感謝在本書撰寫期間 Sue Howarth 的幫忙及支持

關於作者 (About the authors)

John Addis 是艾迪賽爾 AS 以及 A GCE 生物及人類生物學之主要出題者以及倫敦艾比大學生物中心之總監。

Eric Larcom 是劍橋漢莫敦 (Homerton) 大學科學及植物學主持者。

Ruth Miller 是艾迪賽爾 AS 以及 A GCE 生物及人類生物學之主要出題者，以及哲西 (Chertsey) 爵士威廉柏金斯學校生物中心之總監。

目錄

Contents

前言.....	v
---------	---

1 分子.....	1
------------------	----------

生物分子所扮演的角色.....	1
水.....	1
水分子的結構.....	1
水在生化上的重要角色.....	2
有機分子.....	3
碳水化合物.....	4
脂質.....	11
磷脂質.....	13
蛋白質.....	14
實際操作：糖類的定量測量.....	18
實際操作：鑑定牛奶中的食物成分.....	10

2 核酸、遺傳密碼以及蛋白質合成.....	21
------------------------------	-----------

核酸.....	21
DNA的結構.....	22
DNA的複製.....	23
遺傳密碼.....	24
破解密碼.....	26
蛋白質合成.....	27
轉錄.....	28
轉譯.....	29
轉移RNA及核糖體RNA.....	31

3 酵素.....	33
------------------	-----------

酵素就是有機催化劑.....	33
能量和化學反應.....	33
影響酵素活性的因素.....	34
溫度.....	34
pH.....	35
濃度.....	35
抑制劑.....	36
酵素及代謝途徑.....	36
酵素的分類.....	37
酵素的工業應用.....	37
纖維素酶.....	38
果膠酶.....	38
澱粉酶.....	39
蛋白酶.....	40

乳糖酶	40
脂肪酶	41
實際操作：溫度對胰蛋白酶活性的效應	42
實際操作：溫度對過氧化氫酶活性的效應	43
實際操作：酵素濃度對澱粉酶活性的效應	44
實際操作：固定化酵素的應用	45
4 細胞結構.....	48
細胞、組織和有機體	48
細胞的聚集	48
植物和動物細胞	49
細胞及其結構	50
細胞膜	51
內質網	53
高爾基體	53
細胞核及核膜	54
粒腺體	55
染色質	55
微管	56
中心粒	56
細胞壁	56
原核細胞與真核細胞	57
相似點	58
相異點	58
透過細胞膜的運輸	61
擴散	61
滲透	63
主動運輸	64
細胞內吞及胞吐作用	65
實際操作：設置並使用光學顯微鏡	67
5 細胞循環.....	69
細胞循環的階段	69
間期	69
染色體數目	70
有絲分裂期	72
細胞質分裂	74
植物及動物的天然及人為複製	75
實際操作：壓碎根尖的製備	76
附錄：物理科學背景知識	77
附加試題.....	88
分數計算方式	94
索引.....	97

1

分子

Molecules

生物分子所扮演的角色 (Role of biological molecules)

爲了得知細胞中代謝反應的特性，瞭解內部分子的構造性質等等資訊是有幫助的。這邊所考慮的分子大部分都是有機分子，而且其結構和功能在生物體中都有舉足輕重的影響。（關於分子及原子構造的詳細解釋，可以參考附錄：物理科學背景知識）

代謝 (metabolism) 是用來描述在細胞中發生的反應的專有名詞。這些反應可以分成建構、合成化合物的**合成代謝反應 (anabolic)** 還有分解化合物的**降解代謝 (catabolic)**。降解代謝反應需要耗費能量而得反應通常會導致能量的釋放。

水 (Water)

水是地球上生命生存所必須的東西。生物體內有60%到95%的部分由水所構成，在所有細胞中水也是重要的化學成分。除此之外，水體也是很多生物體的棲息場所。

水分子的結構 (Structure of the water molecule)

爲了要瞭解水分子的特殊性質，瞭解它們的結構是有幫助的。水分子中，一個氫原子以共價鍵的形式連結兩個氧原子。一個氧原子有一個含有八個帶正電的質子還有八個中子的原子核，中子並被八個帶負電的電子所包圍（圖 1.1）。氫原子核中有一個質子還有一個電子。在原子中，電子可以想像成圍繞在原子核外層。電子殼層第一層（或說是內層）是最小的一層並且能夠束縛住兩個電子。第二層可以束縛8個電子而第三層可以束縛18個電子，而第四層可以束縛32個。一個原子在最外層殼層是填滿的狀態之下是非常穩定的。

原子彼此尺寸相異且被非皆有四層電子殼層。氧原子中的電子被分成兩層：內成有兩個電子而外層有六個。在每一個氫原子中第一層電子殼層中有一個電子。氧原子的外層殼層可束縛住八個電子，因此當氧原子化合了兩個氫原子，會形成兩個共價鍵。水分子形成一個穩定的分子，但是因爲含有兩個氫原子的原故，水分子是三角形而不是直線形。

當形成共價鍵以後，電子不總是等分的被共用。在水分子中，氧原子核吸引電子的程度比氫原子核還強。因此導致氧原子含有些微的負電 (δ^-)，

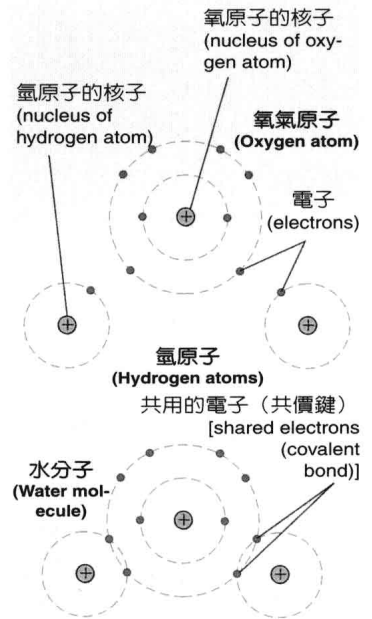


圖 1.1 氧和氫的原子結構，圖中解釋出它們是如何被化合在一個水分子內的

定義 (Definition)

氫鍵是由電負度非常大的原子（經常是氧，但也可以是氮或氟）和與此原子共價鍵結在一起的氫原子之間形成的一個吸引力。氫鍵比氫和氧之間的偶極 (dipolar) 作用力還要強，但是沒有共價鍵來的強。

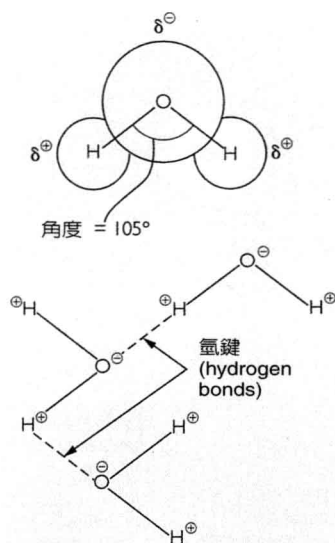
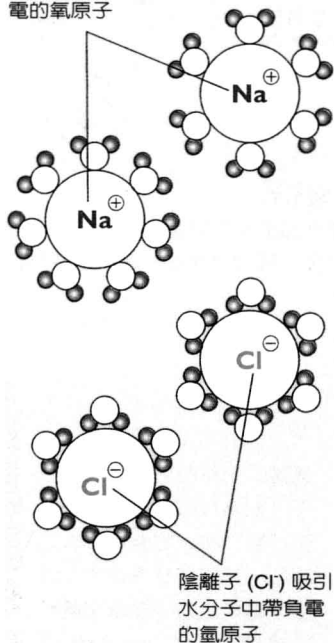


圖 1.2

水分子及帶電的氫氧原子的形狀圖

陽離子 (Na^+) 吸引水分子中帶負電的氧原子



陰離子 (Cl^-) 吸引水分子中帶負電的氫原子

圖 1.3

溶液中水分子分佈在鈉和氯原子周圍的情形

而氫原子有些微的正電 (δ^+)。這種不均勻的電荷分佈造成的分子具有極性 (polar)，而且因為一端正電另一端負電，這情況被稱為雙極性 (dipolar)。因為水分子具有極性，它們彼此之間有吸引力存在而且會與與鄰近的分子形成氫鍵 (圖 1.2)。

水在生化上的重要角色 (Biologically important roles of water)

當作溶劑：水是一種對於極性物質來說非常好的溶劑，例如像是鹽類、單純的醇類還有糖。當像是氯化鈉這種鹽類溶解以後，鈉離子和氯離子會分開並且被水分子包圍。帶正電的鈉離子 (**陽離子**) (cation) 被水分子中帶負電的氧原子吸引而帶負電的氯離子 (**陰離子**) (anion) 被帶正電的氫原子吸引。

像是醇類和醣類這種有機分子具有極性的氫氧根 (OH)，水分子會因為類似的形式被吸引住。非極性的分子像是脂類 (lipid) 還有其他非極性的有機分子並不會溶解在水中。

大部分細胞中的代謝反應是在水溶液中進行的。溶液裡頭的化合物會具有較高的化學活性，因為分子能夠更為自由的移動。

當作冷卻劑：因為水分子之間強大的吸引力造成氫鍵的生成，水比起其他具有相近分子量的分子有較高的沸點及凝固點。甲烷 (相對分子量 16)，氨 (17) 還有硫化氫 (34) 在 0°C 的時候都是氣體，但是水 (18) 在 0°C 的時候結冰並在 100°C 的時候沸騰。需要大量的能量以克服水分子之間的吸引力，並使其分子移動並且從固體 (冰) 變成液體再從液體變成氣體 (水蒸氣)。水可以當作非常有效的冷卻劑，因為它有很高的蒸發熱 (latent heat of vaporisation)。這表示它從液態變成氣態需要花費大量的能量。當我們流汗的時候，身體的熱能被消耗來蒸發汗水，因此能夠冷卻我們。

用來維持相當恆定的體溫：水有很高的熱容量，表示它需要很高的能量來使 1 公斤的水升高 1°C 。相反的，當相同質量的水分子下降 1°C 時會失去很多能量。這個性質在生物體中是非常重要的性質，因為這代表能夠避免突如其來的溫度驟便造成細胞中不適當的代謝反應發生。這些化學反應被限制在小範圍的溫度中發生，因此反應速度通常是常數。此外，對於棲息在水中的生物體而言，它們所居住的環境不會有很大的溫度波動。

用來絕熱：水在 4°C 的時候密度最大。當一水體的溫度，例如池塘，溫度開始下降的時候，會從表層開始結冰，冰塊隔絕了下水層的水，使水生

性生物能夠生存。這在具有寒冷季節的氣候地方更是重要的。

用來輸送：水分子因為氫鍵的存在，彼此之間是非常黏滯的。這種黏滯的性質對於在生物體內的溶液中的物質運送是相當重要的。例如植物中木質部內溶液的離子輸送還有動物血漿中可溶性消化產物的輸送。

當作反應物：水分子在代謝反應中是相當重要的反應物，尤其在水解作用 (hydrolysis) 中，並且在光合作用當中提供氫的來源。

有機分子 (Organic molecules)

有機分子含有碳，因此為了瞭解這種分子的化學性質我們有必要瞭解一點關於碳原子的結構和化學性質。

碳原子具有微小的質量。它具有六個電子散佈在圍繞原子核的兩層殼層中。有兩個電子在內層殼層而有四個電子在第二層，也就是內層殼層。中心的原子核含有六個質子還有六個中子。

因為碳原子外層殼層並未填滿，只有四個電子，因此它能夠藉著和其他原子共用價電子形成穩定的共價鍵因而取得更多的電子。我們用一個簡單的例子來解說： CH_4 —其中碳原子和四個氫原子共用電子（圖 1.4）每個氫原子在其單一電子殼層中都有一個電子，因此當其和碳原子化合之後，它的電子和碳原子的外層殼層共用而形成化學鍵。依照此步驟，碳原子的外層殼層取得了四個共用電子而形成填滿狀態，因而形成穩定的化合物。

共價鍵的能量大並且穩定，因此對於有機分子的生成還有結構都非常重要。當一個碳原子和四個其他原子或者原子群化合在一起後，這四個化學鍵在空間上排列形成如圖 1.5 所示的四面體形狀。

如果你觀察大部分有機分子的分子式，你會發現它們大部分都含有超過一個碳原子。碳原子不尋常的地方在於它能夠跟另外的碳原子鍵結起來。這會造成具有直鏈狀的分子像是脂肪酸；或者是分支狀分子像是氨基酸中的**丙氨酸 (alanine)**；還有還狀結構像是苯（圖 1.6）。

碳原子也能夠形成雙鍵或三鍵，也就是兩對或者三對電子被共用的情形。這些化學鍵可以和其他碳原子 ($\text{C}=\text{C}$ 或是 $\text{C}\equiv\text{C}$) 或是其他氧或者氮原子形成 ($\text{C}=\text{O}$ 還有 $\text{C}=\text{N}$)。三鍵的情形並不常發生。在圖 1.6 中，硬脂酸分子就是一個 $\text{C}=\text{O}$ 鍵的例子而苯分子就是一個 $\text{C}=\text{C}$ 鍵的例子。

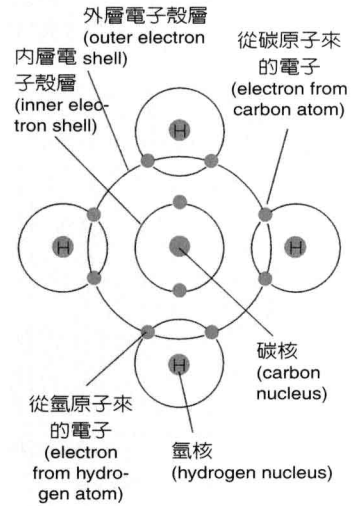


圖 1.4
假烷氣體的分子構造圖，顯示出碳和氫原子軌域中的共用電子

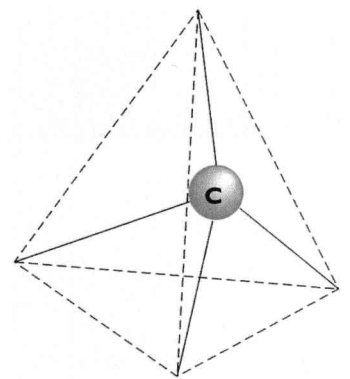


圖 1.5
圍繞著中心碳原子的不對稱四面體結構

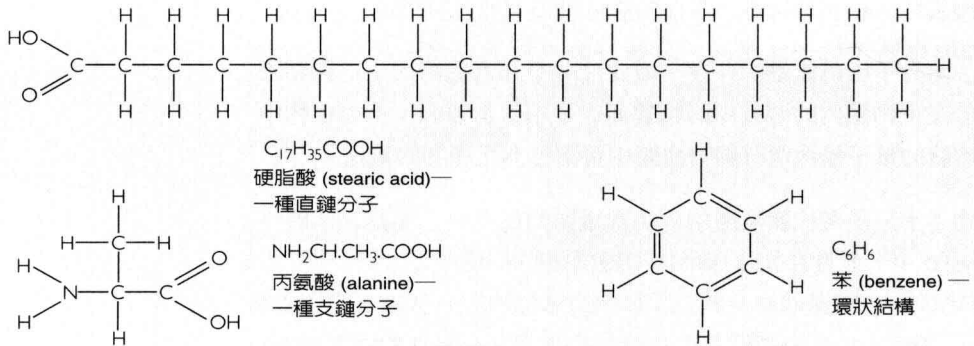


圖 1.6 硬脂酸、丙氨酸還有苯的構造圖，分別表示出直鏈、支鏈、還有環狀結構。會有這樣子的結構都是因為碳原子能夠與其自身原子鍵結在一起

碳水化合物 (carbohydrates)

碳水化合物構成了許多可以經由植物合成出來的分子群。它們含有碳氫氧原子。分子中氫對氧原子的比例通常是 2 : 1。

碳水化合物是植物中常見的成分，構成它們乾重 (dry mass) 的 90%。細胞壁由纖維素 (cellulose) (一種多糖 (polysaccharide)) 構成，而能量以澱粉 (starch) (一種多糖) 的形式儲存，光合作用的產物在內部是以蔗糖 (一種雙糖) 的形式來運送，細胞中進行代謝的能量來源是葡萄糖 (一種單糖)。動物在日常飲食當中需要直接或者間接的從植物中攝取。

碳水化合物一開始可以分成兩個主要種類：糖 (sugars) 還有非糖 (non-sugars) 類 (多糖)。糖可以進一步的分成純粹糖 (simple sugars)，單糖還有雙糖 (disaccharides) 及其化合物 (表 1.1)。

表 1-1 碳水化合物的分類以及重要性質

分 類	性 質	範 例
單糖 通用化學式 $(CH_2O)_n$ ($n=3$ 到 9)	低分子量的小分子；甜味；結晶性；輕易的溶解在水中	丙糖，例如甘油糖 ($C_3H_6O_3$)； 戊糖，例如核糖 ($C_5H_{10}O_5$) 己糖，例如葡萄糖、果糖 ($C_6H_{12}O_6$)
雙糖 通用化學式 $2[(CH_2O)_n] - H_2O$	低分子量的小分子；甜味；結晶性；溶解在水中，但是比單糖難溶	蔗糖、麥芽糖、乳糖； 都有通用化學式 $C_{11}H_{22}O_{11}$
多糖 通用化學式 $(C_5H_{10}O_5)_n$ ($n>300$)	高分子量的大分子 不帶甜味；不具結晶性； 不溶解或者難溶解在水中	葡萄糖，澱粉，纖維素

單糖 (Monosaccharides)

單糖內含有碳、氫、氧且比例是 1 : 2 : 1，因此它們的化學式通常是 $(\text{CH}_2\text{O})_n$ ，其中 n 可以是 3 到 9 的數字。所有的單糖都含有一個 $\text{C}=\text{O}$ 基) 及至少兩個 OH (羥基 (hydroxyl)) 基。分子中的這兩種基都可以稱為**活性基 (reactive groups)** 並且對細胞中發生的反應有舉足輕重的影響。

形式最簡單的單糖有三個碳原子 ($n=3$) 並稱為**丙糖 (triose)**。有一種重要的丙糖稱為**甘油糖 (glyceraldehyde)**，是呼吸還有光合作用的生化反應中的反應中間物。它的結構化學式在圖 1.7。

這個分子圖解了數個我們已經討論過的碳水化合物的好幾個特徵，例如：

- 碳原子化合在一起以形成直鏈的能力
- 碳原子和其他原子形成共價鍵的性質
- 碳原子形成雙鍵的能力，本例子中是與氧氣形成雙鍵。

甘油糖有一個羰基 (carbonyl group) 位於分子末端的 1 號碳位置還有兩個羥基，其中一個連接在 2 號碳位置上而另一個連結在 3 號碳位置上。這是**醛糖 (aldose)** 因為上頭有一個**醛基 (aldehyde group) $\text{H}-\text{C}=\text{O}$** ，另一個丙糖—**二氫氧基丙酮**—有相同數目的碳、氫還有氧原子但是它們彼此排列的不一樣 (圖 1.8)。在這個分子中，羰基是位於 2 號碳位置而且沒有氫原子接在其上頭。這種分子稱為**酮糖 (ketose)**，因為它有一個**酮基 (ketone group) $\text{C}=\text{O}$** 。它的結構在圖 1.8。這兩種化合物互為異構物 (isomers)—它們有相同的分子式—但是因為分子內原子或基群的連結方式不同造成具有相異的結構。這種異構的形式稱為**結構異構物**，在碳水化合物中常常可見。

自然界中可見的糖類都是從丙糖轉變成的。所有的醛糖都是由甘油糖形成而所有的酮糖都是由二氫氧基丙酮形成。

戊糖 (pentose) 是有五個碳原子在分子中的單糖類，其通用分子式為 $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5$ 。就像丙糖一樣，戊糖有一個羰基還有至少兩個氫氧基。**核糖 (ribose)-RNA (ribonucleic acid 核糖核酸)** 中的重要成分—是一個能夠以鏈狀或者環狀存在的**醛糖** (圖 1.9)。

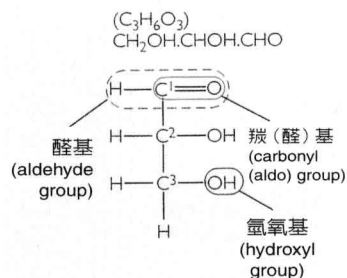


圖 1.7
甘油糖 (glyceraldehyde) 的結構式 (和圖 1.8 比較)

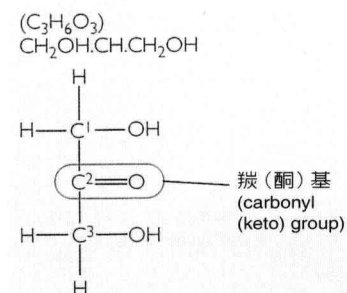


圖 1.8
二氫氧基丙酮 (dihydroxyacetone) 的結構式 (和圖 1.8 比較)

定義 (DEFINITION)

異構物具有相同的分子式，但是具有相異的結構。這是因為分子內的原子或者基群依照不同的方式連結而來的。

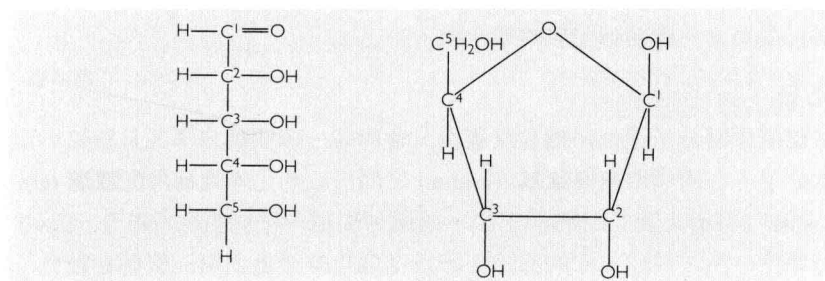


圖 1.9 五碳核糖的結構式，並分成直鏈還有環狀的形式