

部定大學用書

# 普通生物化學

國立編譯館大學用書編審委員會主編

陳尚球編著

國立編譯館出版

正中書局印行

第六版

# 普通生物化學

——普通生物化學講義——

周傳德 編

國立編譯館館址  
正中書局發行

部 定 大 學 用 書

# 普 通 生 物 化 學

國 立 編 譯 館 大 學 用 書 編 審 委 員 會 主 編

陳 尙 球 編 著

國 立 編 譯 館 出 版  
正 中 書 局 印 行



版權所有

翻印必究

中華民國五十五年十月臺初版

中華民國五十八年十月臺二版

大學部  
普通生物化學

全一册 基本定價五元四角

(外埠酌加運費滙費)

主編者	國立編譯館
	大學用書編審委員會
編著者	陳尚球
出版者	國立編譯館
發行人	李潔
發行印刷	正中書局

(臺灣臺北市衡陽路二十號)

海外總經銷 集成圖書公司

(香港九龍亞皆老街一一號)

海風書店

(日本東京都千代田區神田神保町一丁目五六番地)

內政部登記證 內版臺業字第〇六七八號(4730)宏



## 自序

舊著「生物化學」自脫稿而出版迄今已逾十三、四年，大部資料，已屬陳舊。五十一年春間國立編譯館現任劉館長泛弛先生來訪，囑撰編「普通生物化學」課本一冊，作為國立編譯館大學用書之一，深受鼓勵，並以爲榮。乃應命撰編，至五十二年冬審查修正定稿付印。

本書純爲初學者參考閱讀之用，故以介紹生物化學之基本智識爲主。比較專門與偏深之課題，僅在適當之章節中，作約略之介紹，甚或未予提及。動植物與微生物中共有之類似現象或反應，則儘可能相提並論，俾本書對各科系學生，均可適用。

全書可分爲五大部份。一至三章爲導言部份。四、五六章爲熱能學與酶學，介紹生物化學反應中，熱能之供儲；以及生物組織內，物質如何經氧化而達成代謝。酶爲促進與管制生物化學反應之一種主要因素。近年來發現尤多。在某一物質之代謝過程中，如某一主酶或輔酶之供應失當，則整個代謝作用，均受影響。故此三章，連續敘述，並置於他章之前，以便嗣後討論蛋白質、醣類、脂肪之代謝時，讀者已有相當基礎，容易了解與領悟。

第七至十六章乃自蛋白質與胺基酸之化學開始，至彼之生物合成，分解與代謝爲止。各種衍生蛋白，各具特殊之生物功能。核酸爲核蛋白質之重要成分，對蛋白質之合成，具有理論與應用上之重要性。無機氮化合之利用，可謂蛋白質生物合成之最初步驟。舉凡蛋白質之各種智識均在此一部份中加以介紹。十七章至二十二章爲醣類之生物化學，包括醣類之化學，發酵與酵解，至代謝與光合作用而止。醣之代謝途徑有數，共存於動植物微生物中，形成不同單醣之代謝與彼此轉變之途徑。三羧酸循環，爲醣類代謝之最後階段，亦爲與蛋白質、脂肪三者代謝之洪爐。二十三至二十七章爲脂質之生物化學，其敘述情形，亦自介紹脂肪與磷脂質之化學開始至中間代謝爲止。類固醇化合物，除動植物固醇之外，更包括維生素D類化合物，腎上腺皮質激素，性激素等，故與其他脂質分章敘述。

第二十八至卅二章，爲營養概論。營養學已發展成爲一獨立之學科。不論理、農、醫學、家政等學生，均有營養學之專設課程。故各章中僅就無機鹽類、熱力代謝、維生素之智識，作簡要之介紹而已。至於蛋白質、醣類、脂質之營養智識，已往多有敘述，此處僅作補遺而已。脂溶性維生素與類固醇有關。水溶性維生素又與輔酶關係密切。已見於他章者。第卅三及卅四兩章爲激素之簡介。激素雖與二及維生

素，同為控制生物化學反應的重要因素之一，其涉及範圍亦廣，諸凡有機化學，動植物生理學，醫學書籍或課目中，均有介紹，故本書僅在此章中，就無管腺、神經、肌肉之分泌，以及無脊髓動物與植物激素，略加提示而已。至於其他偏深之生物化學課題，概予從略。

本書所用參考書，以美國近來出版者居多，名目繁多，恕不列舉。凡自參考書籍節錄之資料，均註明資料來源。所有譯名則以國立編譯館出版之化學名詞與高氏醫學辭彙為依據。無法參考之名詞，概以意譯，但附英文原名。若干縮寫原名如  $\text{DPN}^+$  與  $\text{TPN}^+$ ，均未改為  $\text{NAP}$   $\text{NADP}^+$ ，中文仍沿用輔酶 I 與輔酶 II。請讀者注意。

本書撰稿時，由小女之安之璇繕正。付印時由黃兆綬教官協助校對，編列中英名詞索引。此外荷蒙各方鼓勵，正中書局及編審部諸先生之支援，本書得付梓出版，至為激感，均此致謝。

生物化學之進步，最近二十年來，尤為神速，其範疇已擴至所有生物科學中，一切生理病理變化，均可以生物化學方法與理論，加以測度與解釋。甚至進而將可控制生命現象。新穎資料年有發表。然而國內科學譯著環境未能趕上時代，每致書本出版，而內容已嫌陳舊，漏誤亦遂倍增。此種情形有待各方共同努力予以改進。本書編之另一目的，仍有提倡編譯科學書籍之意義在焉。茲以匆促編纂付印，缺點必多，尚祈各家海涵賜教，俾便得機修正，幸甚幸甚。

陳尙球敬識 中華民國五十五年三月一日於  
臺北國防醫學院生物化學系。

# 目次

## 第一篇 導言

- 第 1 章 生物化學之定義與範圍..... 1
- 第 2 章 細胞之生化組成..... 6
- 第 3 章 化學基礎要目之溫習..... 10

## 第二篇 催 化

- 第 4 章 生物熱能學..... 27
- 第 5 章 酶及其作用情況..... 40
- 第 6 章 生物氧化..... 74

## 第三篇 蛋白質

- 第 7 章 蛋白質之性質..... 95
- 第 8 章 胺基酸與胍類..... 135
- 第 9 章 核酸與核蛋白..... 165
- 第 10 章 卟啉與金屬卟啉蛋白..... 179
- 第 11 章 無機氮化合物之利用..... 197
- 第 12 章 胍鍵之酶分解與合成..... 203
- 第 13 章 蛋白質之代謝與生物合成..... 223
- 第 14 章 胺基酸之中間代謝..... 238
- 第 15 章 核蛋白與其他結合蛋白之代謝..... 289
- 第 16 章 血漿蛋白..... 303

## 第四篇 碳水化合物

- 第 17 章 醣之化學..... 312
- 第 18 章 醣苷鍵之酶分解與合成..... 342
- 第 19 章 發酵與醣酵解..... 355
- 第 20 章 醣之有氧分解..... 380

第 21 章 糖之其他代謝途徑..... 395  
第 22 章 光合作用..... 404

第五篇 脂 質

第 23 章 脂肪與磷脂質之化學..... 411  
第 24 章 脂肪與磷脂質之一般代謝..... 430  
第 25 章 脂酸之中間代謝..... 439  
第 26 章 固醇類與類固醇之化學..... 451  
第 27 章 固醇之代謝..... 464

第六篇 營 養

第 28 章 營養概論..... 480  
第 29 章 動物呼吸及能之代謝..... 491  
第 30 章 主要營養素..... 508  
第 31 章 水與礦物質..... 514  
第 32 章 維生素..... 533

第七篇 激 素

第 33 章 激素概論..... 587  
第 34 章 無脊椎動物與植物激素..... 632



# 第1章 生物化學之定義與範圍

生物化學之定義，簡而言之為研討下列三項課題之科學：

1. 研究活體組織（小自濾過性病毒 (virus) 及細菌，大而至於植物與動物）之化學成份，以及自活體組織所生成之化學品。
2. 研究此等物質或化合物在活體組織內之功用及其轉變情形。
3. 研究在活體組織中，此種轉變時之化學與能量之改變。

第一課題實在分析化學與有機化學疇範之內。第二三兩課題，實為以化學方法或據化學變化而推考與解釋生理現象。今日與今後生物化學之研究與發展，將仍繼續追求活體生活現象中各種化學變化，進而設法控制此類化學變化，以影響活體之生活現象。

由此觀之，可知生物化學研究之範圍不但有靜止 (static) 之一方面，亦且有更重要的活動 (dynamic) 之另一方面。故研習生物化學者，在化學方面須了解化學原理以及基本知識（即物理化學），並精通分析與有機化學。在生物科學方面必須熟悉生物組織之基本結構，一般情形，以及生理、病理、藥理上之各種變化。此一方面牽涉尤廣，不難想象。

最近數十年來生物化學所以發展神速之原因，亦須歸功於其他科學發展之結果；例如原子結構之新知，同位素之發現，皆為研究活體中各種變化之有效工具。他如生物學上遺傳之研究，人工突變種之產生，亦使研究生物化學反應，進入更新之境界與觀念。此不過許多事項中兩個例子而已，足示生物化學範圍之廣泛；使人必須考慮往昔由人為所劃分各科學間之界域，是否尚有嚴遵之必要。

由於近年逐漸了解化學反應與生命現象之密切關係，生物化學對於醫農漁牧之發展，具有極大之影響與貢獻。進而對人類之幸福繁榮，均相繫焉。吾人須深知生物化學今日在實用上所以有此偉大之貢獻，甚至未來之更大成就，皆已往從事生物化學以及其他科學研究工作者，孜孜不倦，為科學研究而研究，所累積之成果。固非專為醫療某一疾病或改良某一品種，略下功夫，所能達成者也。故研習應用生物化學（如營養學，免疫學，臨症生化，釀造學，藥物化學等）之學者，如不能清楚了解生物化學之基本原理，以及有關學科之知識，則其發展，將極有限。然而生物化學境地中所知不全或未知之事項尚多，仍有待於有關研究工作者之繼續努力也。

## 生物化學之歷史背景

生物化學為比較晚興之科學，1886年 Felix Von Hopper-Seyler 受聘為 Tubingen 大學，世界上第一位生理化學教授，斯年遂被認為生物化學歷史之開端。然而前此利用分析與有機化學，從事研究生物組織之成份等工作，早經開始。十八世紀中葉，瑞士藥劑師因發現氯與氧而成名之 Scheele (1742—1782)，在酸牛奶中發現乳酸，檸檬中發現果酸，蘋果中發現蘋果酸，小便中發現尿酸，稍後瑞士化學家 Berzelius，首倡目前所用化學符號之制度，此對化合物之分子式，有代表分子組成中原子比例之意義，促使發展至由生物組織中獲得之物質，亦有表示之工具。

約在 Scheele 各種觀察之後 25 年，Lavoisier (1743—1794)、在法國倡示活體必須利用氧，以供燃燒其食物，進而發生熱能，排出  $\text{CO}_2$ ；並證明食物在動物體內“燃燒”而發生之熱量與同量之食物在熱量計 (calorimeter) 中所測得之熱量相同。此後，Voit, Pettenkofer, 及 Rubner 在德國，Atwater, Benedict 及 Du Bois 在美國對此一方面繼續研究發展，遂形成近代所謂之動物熱量學 (animal calorimetry)。

十九世紀一百年中，有機化學家從事研究生物界重要化合物之結構，生理學家期求了解細胞中各種反應之原因與特質所在。化學家則往往同時進行生物化學與生理研究。例如 Liebig (1803—1873) 指出植物不能單靠水與  $\text{CO}_2$  而生長，必須從土壤中獲得必要之化合物以維持其結構與生長。Wöhler (1800—1873) 由無機物質合成尿素(動物體內氮化物代謝之主要末產物)，將過去所謂“無機”(lifeless)與“有機”(vitalistic)論之觀念完全打破。Chevreul (1786—1889) 研究脂肪之成份，Kossel (1853—1927) 之對蛋白質，核蛋白，Emil Fisher (1852—1919) 之對蛋白質與碳水化合物之各種研究，使人逐漸了解食物甚至細胞之化學成份。

Pasteur (1822—1895) 之對生物化學之發展，有極端重要之貢獻，由於其研究促成釀造之本質所在，促使 Buchner (1860—1917) 認為釀母 (yeast) 乃細胞中之觸媒劑，此遂成為今日一般酶之觀念。現知活體組織內許多變化，均由酶所促進或管制。

早年化學家如 Arrhenius, Van't Hoff, Ostwald 等對於電離與滲透壓之研究，使物理學家，有機化學家逐漸注意此等物理化學變化與生物現象之關係。Sørensen 遂倡 pH 值之學說，Leob 研究蛋白質之膠性及其對細胞之各種作用。Henderson

與 Van Slyke 倡議身體有維持酸鹼平衡之功能，Michaelis 倡酶與其被作用物結合成複雜之化合物。Stanley 指出濾過性病毒即屬核蛋白。在此及其他化學範圍內，更有重要儀器之發明：例如 Barcroft Warburg 之測壓儀器，Van Slyke 血液測壓計，Svedberg 之超離心器，Tiselius 電泳儀，Urcy, Hevesy, Schoenheimer, Rittenberg 等先後利用同位素作生物與化學研究，及最近 Martin 與 Synge 之發明紙色析法 (paper chromatography) 等。

吾人不可忽視生物化學雜誌之發行，及其促進生物化學發展之功。首先發行之生物化學雜誌，為 *Zeitschrift für Physiologische Chemie*，創於 1879 年，1906 美國之 *Journal of Biological Chemistry*，英國之 *Biochemical Journal* 及德國之 *Biochemische Zeitschrift* 同時開始發行。

現代生物化學之開始，可歸之於 Meyerhof 與 Hill 之示範肌肉收縮與乳酸之產生，以及氧之消耗與熱能之產生，彼此間之關係。此為過去試將生理功能與化學反應相互繫連之許多嘗試中之一例。由於肌肉浸出液中分離出不同之酶，乃使自動物澱粉轉變至乳酸間之各化學反應，得以順次建立。此項發現之基本重要性，在於醱酵解 (glycolysis) 不限於在肌肉組織內進行，亦可在動物其他組織，甚至釀母，細菌中均可進行。

Warburg, Weiland, Keilin, Theorell 之研究，得使發現細胞氧化中之各酶及彼之輔酶或輔因素。進而得使目前公認一個氧化作用中，往往有許多步驟，順次進行；其中包括氫與電子之移轉，得使由氧化所產之熱能，亦分次逐一小量放出。在有氧氧化環境中，ADP (adenosine diphosphate) 可轉變至 ATP (adenosine triphosphate)，以及 Lipmann 所指出 ATP 之焦磷酸鏈中，儲有大量熱能。由此兩項認識，使生物化學上一項基本原理得以建立。此即：太陽能被植物利用合成食物之後，可在動物細胞內因食物之被氧化而放熱，其中一部因 ATP 之產生而儲存於其焦磷酸鏈中。此種儲存熱能，可供活細胞中其他反應之需，諸如蛋白質，核酸，乙醯膽鹼等之合成，以及肌肉收縮等。

Szent-Gyorgi 與 Krebs 研究乳酸 (或丙酮酸) 在存有氧環境中之氧化情形，申引至 Krebs 或三元酸迴輪之發現。此一代謝途徑之重要性，由於嗣後發現脂酸與胺基酸之代謝，亦須假道 Krebs 迴輪，始可完全氧化；於是 Krebs 迴輪遂為食物被氧化而產生能之共同作用機構。稍後，又知 Krebs 迴輪中各酶及彼之輔酶，皆存於細胞之粒線體 (mitochondria) 中。粒線體之生理功能，至此始行了解。

現代生物化學之發展，乃屬多方面者。其中最重要者，莫如細胞中大分子化合

物（如蛋白質與核酸）結構之了解。Emil Fischer 最先倡議蛋白質分子，基本上乃屬多肽結構。胰島素之胺基酸排列程序，由 Sanger 揭示後，此說經 Du Vigneaud 分析與合成 8 個胺基酸所組成之子宮收縮素 (oxytocin) 後而證實。Pauling 與 Corey 之研究工作，演衍至蛋白質之多肽鍊，呈螺旋形態之觀念。類似之研究，說明核酸之結構，亦呈螺旋形。Watson 與 Crick 進而建議：DNA desoxyribose nucleic acid) 分子之多肽鍊與多肽鍊間，由於氫鍵組成之關係，可更固定而呈雙螺旋形。此項建議，旋經酶合成 RNA (ribose nucleic acid) (Ochoa) 及 DNA (Korn-berg) 之事實而獲得證明。最後生物化學，現正邁向了解蛋白質之生物合成境地進行。目前吾人已知 RNA 可能為胺酸之運輸者，細胞微粒中之核糖核蛋白 (ribo nucleo-protein) 乃係接受胺酸與最後蛋白質之合成者。

目前生物化學發展中心，在追求了解生物化學與遺傳上之關係之了解。DNA 為基因染色素之携負者。DNA 在遺傳上之地位，現已逐漸了解。Avery 最先注意到一種細菌可以轉變為第二種細菌，只須將第一種細菌暴露於自第二種細菌獲得之 DNA 即可。Lederberg 又注意到若干細菌之性繁殖過程中，有彼此移轉 DNA 之現象，Jacob 與 Wollman 指出遺傳因素之移轉，有一定步驟。DNA 分子中之某一段，乃代表一個基因。其所佔有之一定位置與另一基因，似有關係。Muller, Beadle 及 Tatum 等作用 X 光線照射而發生突變種之事實，更證明 DNA 實為遺傳基因之所在；由其管制蛋白質之合成。一個細胞失去此種合成功能時，則與其 DNA 分子之某一段有變化所致，此一段即此特殊基因之所在。

許多代謝上之失常，現知實由遺傳上之缺陷所致，基因管制酶之生成，酶則管制代謝之進行。兩者均為聚合體 (polymers)，亦為生命奧妙之處。此為生物化學與生物學家之志趣所在。目前生物化學發展之另一方向，則在期求明瞭此等酶如何管制各種代謝作用。今後數十年間生物化學之工作園地，或仍將在此兩方面繼續努力。倘能獲得更多有關知識之後，吾人或能了解細胞如何管制基因與酶系之作用，則生命現象可由人力加以控制。

綜觀此兩個世紀以來，生物化學之發展，由靜止之分析與合成方面，逐漸了解活動之生理與生命現象與生物組織內化學反應之關係。今後之發展，正如上節所述，將如何得以人力控制生命現象矣。

生物化學設置教授，雖始自 1886 年 Felix von Hopper-Seyler，但成立獨立學系，尚為近年之事。法國 Claude Bernard 雖為生理學教授，然任生物化學系之首任主任。1914 年英國劍橋大學最先設立生物化學系，Hopkins 為首任教授兼系主任。





## 第2章 細胞之生化組成

動物或植物之各種組織，與各種細胞儘可在組織學上之基本結構，大同小異，但由於生化組成之不同，彼此各異。此種不同之處如下：

- (1) 各種細胞之化學成份，其質與量各不相同；
- (2) 細胞成份所參予之各種化學反應，其性質各異；
- (3) 各該化學反應之速率，又各相迥異。

1. 組織之組成：組織之基本成份為元素。各種動物或植物個體之元素成份，顯難相同。若以化合之組成而論，即同一個體之各組織，其化合物成份，亦有顯著之差別。

第一表詳示人體元素成份之平均百分數。第二表則示哺乳動物各組織之化合物

第一表 人體之元素近似成份

元 素	百 分 率	元 素	百 分 率
氧	65.0	氯	0.15
碳	18.0	鎂	0.05
氫	10.0	鐵	0.004
氮	3.0	銅	0.00015
鈣	2.0	錳	0.00013
磷	1.1	碘	0.00004
鉀	0.35	鈷	存 在
硫	0.25	鋅	存 在
鈉	0.15	鉍	存 在

第二表 哺乳動物組織之近似成份

	骨 肌	全 血	肝	全 腦	皮	骨(無髓)
水	72—78	79	60—80	78	66	20—25
總 固 體	22—28	21	20—40	22	34	75—80
蛋 白 質	18—20	19	15	8	25	30
脂 質	3.0	1	3—20	12—15	7	低
醣	0.6	0.1	1—15	0.1	存	存
有機浸出物	1.0	0.14	高	1.0—2.0	存	低
無機浸出物	1.0	0.9	...	1.0	0.60	45

資料來源：West & Todd: "Text Book of Biochemistry," The Mac Millam Company, New York, 1951

成份。由此可知水為組織之主要成份。實際上組織內各種化學變化，均在稀水溶液中進行，且此等反應又受物理與化學定理所管制。動物組織之平均水份，約為鮮組織重量之65%，然不同組織，因功能之不同，水份之含量亦各異。第三表示成年人各組織中，水份之平均百分數：

第三表 成年人各組織中水份之近似平均百分數

組 織	水 份	組 織	水 份
腦(灰白質)	84	肝	74
腎	81	胰	73
腎上腺	80	腦(白質)	70
心肌	79	皮	70
肺	78	全骨	46
脾	77	脂肪組織	30
全腦	76	骨(無髓)	22.5
骨肌	75	牙本質	10
胃腸	75		

資料來源：Mitchell: "A Text Book of Biochemistry" 2nd ed. Mc Graw-Hill Book Company, Inc., New York, 1950

在大體言，植物之各種組織，其情形亦復如上述動物組織者然。

2. 細胞之組成：生物學家對於細胞之組成，着眼於細胞膜內或細胞壁內之各種結構物，諸如安置於胞漿中之胞核，粒線體，分泌顆粒，微粒(microsomes)，澱粉小顆粒，以及其他大小顆粒，如動物細胞之鐵蛋白(ferritin) 黑蛋白(melanin)，植物細胞之葉綠粒(chloroplast)等。生物化學家對於細胞之組成，則對各該結構物之化學成份，其中各種化學反應，以及各該結構物與整個細胞之功用如何，較有興趣。

細胞膜為一層極薄之半滲透膜，以動物細胞膜而言，係由蛋白質，脂質等化合物所組成，藉此將胞內原漿(protooplasm)與細胞外液相隔離，但可利用物理，化學，以酶之作用，細胞膜可使細胞內外之溶質彼此作適當之交換或交流。在多空泡之植物細胞而言；其胞壁並不符合上述各項條件，而其原漿膜與空泡膜實際成為半滲透膜。胞壁之主要成分為多醣與多醣衍生物，多小孔，可容大部份溶質，任意出入。胞壁一經組成，除隨細胞之伸長與果實之成熟，有所改變外，在代謝上，無顯著之功用。

植物細胞之泡汁，除水份之外，其主要成分為無機離子，醣與有機酸。此外尚有少量水溶性色素，並可能有少量醣苷。幾乎不含蛋白質，即或有之，則在泡汁與

原漿成份相遇相處之汁管 (latex vessels) 中。故此處又可能有酶之存在。

胞漿主要成份，為蛋白質與水份。由於物理及化學之影響力，使細胞內之各顆粒狀結構，各有定位，安置其中，更使細胞內外，與各顆粒間之生成物與代謝物，得有適當之交流。

細胞各結構物之主要成份，各不相同，除蛋白質外，其他成分亦彼此各異；故如 DNA 存於胞核中，RNA 存於胞漿中，葉綠素及類固醇色素存於葉綠粒中等是。此等化學成分之不同，又反映所牽涉之化學反應，亦必不同，則各該結構物之代謝功能，自又各異。細胞核中由於 DNA 之存在，職司遺傳與蛋白質之合成，然後輸至胞漿。光合作用，則限於高等植物之葉綠粒中進行。澱粉或脂肪之合成與分解，在植物細胞而言，亦可能在有關小顆粒體內或其表面進行。至於簡單碳水化合物或胺酸之轉變與合成，則可能在胞漿中進行等是。

就整個細胞而言，其成份之不同與功能之差異，亦復如是；此種情形，在動物細胞之分辨上，尤為顯著。故同一種族之上皮細胞，其主要蛋白成份，顯與腺體細胞者不同，彼此之功用亦異。血紅蛋白存於紅血球中，正表示後者對呼吸有特殊之選擇作用。組織係由許多細胞所組成，不同細胞化學成分之各異，亦可反映由多種不同細胞所組成之不同組織，彼之功用，結構，甚至牽涉之反應，亦必不同。例如上皮細胞中有不溶性之蛋白質，正表示該組織，有保護或抵抗之作用。肌肉組織中存有大量肌球蛋白(myosin)，正表示肌肉有機械性之收縮作用；而收縮中之化學反應，更具特性。最後，正如前述，細胞亦可因彼所擔負某化學反應速率之不同而異。此如，肝細胞合成蛋白質之速率，遠較肌肉組織者為快。腦細胞合成脂質之速率，則較肝或腎細胞者為慢。舉一反三，讀者當可推想至其他各種有關情況，亦可知細胞成分之奧妙所在矣。

以上所舉各細胞結構物或整個細胞中主要的特殊化學反應之例證，並非偶然之事故，而顯屬有組織，有條理之連串反應。生物化學家亦視整個細胞為許多觸媒劑(酶)及被作用物之均勻混合物。在此種混合物中，經常有許多化學反應在進行；以產生或維持某種綜合性生理功能。故細胞之各結構物，必成為整個細胞代謝中之各個單位，彼此配合作。

茲以丙酮酸之有氧化產生  $\text{CO}_2$  與水而言，其整個過程中，有一連串之化學反應，順次進行。且至少必須有 15 種不同之酶系參與其事。此等酶系並非隨意分佈於胞漿蛋白質中，而係分存於有組織之細胞各單位中，備供整體之綜合應用。許多生物功能，如呼吸，有賴於細胞有條理組織之完整。倘此種組織一經紛亂或破壞，

則有關之生物化學反應，即行失去，於是某種生物功能，亦即不復存在。

至此吾人不難想像，影響生命現象之許多生化反應，均在不同細胞中經常進行，此必須藉助於有組織之細胞各結構物，適時供應適當之酶，與胞漿內現存之輔酶，熱能，受質或他種酶系，始可順次進行，以達成生活之目的。

今後本書中將敘述之各種化合物，各項代謝反應等，吾人應即想象此等化合物，乃存於不同細胞中，或此等代謝反應，乃在不同細胞中進行。由細胞而組織，由組織而至個體，一切生命現象，均繫於斯。