

醫 用 生 物 化 學

生 理 化 學

上 冊

梁 之 彥 編 著

王 巽 義 助 編

上 海 醫 學 出 版 社

生 理 化 學
(上 册)

書號 2155 (上) 進口報紙本精裝
開本 761×1066 1/25 印張 20.32
字數 395,000

著 者 梁 之 彥

出版者 上 海 醫 學 出 版 社
上 海 (5) 中 州 路 2 號

總經售 上 海 圖 書 發 行 公 司
上 海 (11) 山 東 中 路 128 號

印刷者 新 光 明 記 印 刷 所
上 海 (9) 康 定 路 162 號

* 有 版 權 *

印數 1—1,000	1952 年 12 月第 1 版—第 1 次印刷
(前上海交通書局 已印 3,500)	1954 年 12 月新 1 版—新 1 次印刷

定價每冊 46,500 元

上海市書刊出版業營業許可證出 071 號

序

二十世紀以來，物理與化學之研究日新月異，其所涉之範圍日廣，因之生理學亦不得不以物理的或化學的方法，分別研究之；而醫學院原有生理學之科門，乃逐漸分爲實驗生理及生理化學兩部。就中生理化學一科素乏國人自著之中文課本，晚近雖有譯本出版，其能符合醫學院教學之用者仍然不多；爲造就醫學人才，配合國家建設之需要，爰將數年來所著生化教材整理付梓，以期稍有助於生化教學。第因校閱需時，不及一齊印就，乃先將內容五分之三，分爲上冊出版，其餘各章列入下冊，亦於短期內校正付印。茲將本書之編例，簡述如次：

一、將碳水化合物、脂肪和有關物質、蛋白質、核質和吡咯色素，總括爲生物體的有機成份一章，以化學觀點言之，此幾已包括全體生物體之有機成份，使學生首先獲得一系統之概念；另將各種組織之化學組合一章置於其後，以爲配合。

二、同時又將碳水化合物、脂肪和有關物質、蛋白質、核質和吡咯色素之代謝等，總括於新陳代謝一章內，就中關於吡咯色素一節，至今尙爲各國生化課本所未列，乃由著者搜集各種專著以及雜誌之材料，編撰而成。

三、此外並將消化和吸收與解毒及排泄二章，分別置於新陳代謝章之前後，其目的爲使醫學院學生在奠定生理學基礎上，可得更大之幫助。

四、一般生化課本所有之呼吸生物化學一章，著者認爲並無專章敘述之必要，僅將其屬於生理化學範圍內者與血液一章合併論及之，以

免於生理學重複。

五、最後次第敘述營養上重要各章，如維生素、無機質、能代謝和營養原理等。

六、爲響應政府以中文教學爲主之號召，書中除人名外，儘量避免引用西文，生化名詞亦均根據中央衛生部委託生化學會暫定之生化名詞草案，書末附有中西文名詞對照表，以便檢索。

由於參考資料之不完備，及時間匆促，內容舛誤在所難免，甚盼各方予以指示，使益臻完善爲幸。

本書之完成，承中國科學院沈昭文、王應睪和汪猷諸先生之熱忱幫助，常予以借閱參考資料之便利；並承本科助教李立羣醫師幫助校閱，本科助理員蕭光裕同志及同學范韞玉同志幫助抄寫，襄助良多，謹誌謝意！

梁之彥 一九五二年二月

上 冊 目 錄

第一章 生理現象的物理化學基礎	1
第一節 水溶液的理論	1
I 水之特性	1
II 質量作用律	3
III 電離論	5
IV 氫離子濃度	9
V 水解作用	12
VI 緩衝作用	13
VII 兩性質	17
VIII 氫離子濃度測定的原理	22
IX 擴散和滲透作用	26
第二節 表面張力和吸附作用	30
第三節 膠體化學	35
I 概論	35
II 懸膠體及乳膠體	38
III 膠體溶液的普通性質	42
IV Hofmeister 氏序或促溶序	45
V Donnan 氏平衡	47
第二章 生物體的有機成份	51
第一節 碳水化合物或醣類	51
甲 碳水化物的化學構造及分類	51

乙 單醣類	54
I 物理的特性	54
II 化學的性質	57
III 單醣類的各論	70
丙 複醣類	80
I 複醣類的結構和性質	80
II 二複醣類	83
III 三複醣類	85
IV 四複醣類	86
丁 多醣類	86
I 已多醣類	87
II 戊多醣類	93
III 雜多醣類	94
IV 粘多醣類	95
第二節 脂肪和有關的物質	95
甲 脂肪(中性脂肪)	96
I 脂肪的化學組合	97
II 脂酸類	98
III 中性脂肪的特性	102
乙 蠟類	106
丙 磷脂類	107
I 單氮磷脂類	108
II 雙氮磷脂類	112
III 磷脂酸類	113
丁 腦苷脂或醣脂類	113
戊 甾或固醇類	115
I 動物甾類	118
II 植物甾類	119
己 類胡蘿蔔素	121

第三節 蛋白質或肽類	125
甲 氨基酸	126
I 氨基酸的普通特性	128
II 氨基酸的化學反應	130
III 氨基酸的各論	133
IV 氨基酸類的分離	142
乙 肽類(縮氨酸)	144
丙 蛋白質	148
I 蛋白質分子的結構	148
II 蛋白質的性質及反應	154
III 蛋白質的分類及各論	158
第四節 核蛋白和核酸	165
甲 核蛋白的構造及性質	166
乙 核酸的構造和性質	168
I 核酸的成份	168
II 核苷和核苷酸	170
III 核酸分子的結構	173
IV 核酸的性質	174
丙 濾毒和食菌素	174
丁 游離核苷酸和酵素核苷酸	176
I 游離核苷酸	176
II 酵素核苷酸	178
第五節 吡咯色素	180
甲 血色素	182
乙 細胞色素類和呼吸酶(細胞色素氧化酶)	189
丙 觸解酶和過氧化物酶	190
丁 葉綠素	191
戊 游離出現的天然卟啉	197

第三章 各種組織的化學組合	199
第一節 肌肉組織的化學組合	199
I 肌肉的蛋白質	199
II 肌肉的提出物	202
III 肌肉的脂肪和類脂質	206
IV 肌肉的含磷化合物	206
V 肌肉的無機成份	207
第二節 神經組織的化學組合	208
I 神經組織的蛋白質	209
II 神經組織的類脂質	210
III 神經組織的他種成份	211
第三節 結締組織的化學組合	213
I 纖維結締組織	213
II 骨骼組織、軟骨組織和齒組織	216
III 脂肪組織	219
第四節 表皮組織的化學組合	220
皮脂的化學組合	223
第四章 酵素類(酶)	225
第一節 酵素總論	225
I 酵素的定義	225
II 酵素的產生和出現	226
III 酵素的性質及構造	227
IV 酵素的專一性	230
V 酵素的提取和純煉	232
VI 酵素的命名原則	233
VII 酵素的合成作用	234
VIII 酵素的作用機理	236

IX 影響酵素的因素.....	240
X 酵素研究的展望.....	247
第二節 酵素的分類和各論.....	248
甲 水解酶族.....	248
I 酯酶類.....	248
1. 脂肪酶和特殊的脂酸酯酶組(248)	2. 磷酸酯組(249)
3. 硫酸酯酶組(250)	
II 碳水化合物酶類.....	250
1. 醣苷酶組(250)	2. 多醣酶組(251)
III 醯胺酶類.....	252
1. 脫羧胺酶組(252)	2. 嘌呤脫氨酶(252)
3. 脫脘酶(252)	
IV 分解蛋白的酶類.....	252
1. 肽鏈內斷酶組(253)	2. 肽鏈端解酶組(253)
乙 氧化酶和氧還酶族.....	255
I 鐵吡咯蛋白類.....	255
II 銅蛋白類.....	255
III 異咯嗪蛋白類.....	256
IV 無氧脫氫酶類.....	257
1. 需輔脫氫酶 I 組(257)	2. 需輔脫氫酶 II 組(257)
3. 不需輔脫氫酶組(258)	
丙 轉移酶族.....	258
I 磷酸轉移酶類.....	258
1. 磷酸激酶或轉磷酸酶組(258)	2. 磷酸變位酶組(259)
3. 磷酸化酶組(259)	
II 轉氨基酶類.....	261
III 轉甲基酶類.....	261
丁 輔助酶族.....	261
I 異構酶類.....	261
II 水化酶類.....	262

III 羧酶類.....	262
IV 醛縮酶類.....	262

第五章 生理的氧化作用和能的利用 263

第一節 生理的氧化作用..... 263

I 氧化作用總論.....	263
II 組織內的氧化作用.....	268
1. 氧的激活論與 Warburg 氏呼吸酶(269) 2. 細胞色素類(270)	
3. Wieland 氏之氫的激活論或脫氫論與脫氫酶類(271)	
4. 黃酶類(275) 5. 各種氧化酵素的聯繫(276)	
III 過氧化物酶、觸解酶和耐氧化酶類.....	283

第二節 生理的能之利用..... 284

I 概論.....	284
II 高能磷酸鍵的形成、傳遞及利用.....	285
III 磷酸鍵能產生的效率.....	290

第六章 消化、吸收和糞便 293

第一節 消化..... 293

I 唾液.....	295
II 胃液.....	298
III 腸內消化液.....	307
IV 胰液.....	309
V 腸液.....	312
VI 膽汁.....	313

第二節 吸收..... 323

總 論 碳水化物的吸收(326) 脂肪的吸收(327) 蛋白質的吸收(330)	
類脂質的吸收(331) 膽固醇的吸收(331) 核質的吸收(332)	

第三節 糞便..... 332

糞便的形成(332) 糞便的性質和組合(336)	
-----------------------------	--

第七章 新陳代謝(或物質代謝).....	339
總 論.....	339
第一節 碳水化物的新陳代謝.....	345
I 肝糖粉的生成及分解.....	347
II 肌糖粉的生成和醣酵解作用.....	351
III 碳水化物的氧化.....	358
IV 碳水化物的轉變成脂肪.....	365
V 血糖水平和激素性的調節.....	368
第二節 脂肪和類脂質的代謝.....	373
甲 脂肪的代謝.....	373
I 脂肪的儲蓄和生物合成.....	375
II 器官脂肪.....	378
III 脂肪的氧化.....	384
IV 脂肪轉變為碳水化物.....	395
V 脂肪代謝的調節.....	396
乙 磷脂的代謝.....	398
丙 膽固醇的代謝.....	401
第三節 蛋白質代謝.....	404
甲 蛋白質代謝總論.....	404
I 組織蛋白質的分解和合成.....	406
II 蛋白質及氨基的儲蓄.....	410
III 氨基酸之生物合成、轉氨作用及互相轉變.....	413
IV 氨基酸的分解代謝.....	418
V 蛋白質代謝的激素性調節.....	426
乙 各別氨基酸的特殊代謝.....	428
丙 肌酸的代謝.....	446
第四節 核質的代謝(嘌呤鹼和嘧啶鹼).....	449
I 核質的生物合成.....	451

II 核質的分解代謝.....	454
III 酵素核苷酸的代謝.....	457
第五節 吡咯色素的代謝.....	458
I 卟啉的生物合成.....	458
II 吡咯色素的分解代謝.....	463
III 血紅蛋白分解成膽色素的機理.....	465
第八章 解毒及排泄(尿液).....	469
第一節 解毒作用.....	469
I 解毒總論.....	469
II 各種解毒的機理.....	470
水解(470) 還原(470) 氧化(471) 配合(471)	
第二節 排泄.....	476
甲 尿液的排泄.....	476
乙 尿液的普通性質與組合.....	479
丙 尿液的正常成份.....	484
I 無機成份.....	484
II 有機成份.....	486
1. 含氮的尿液成份(486)	2. 含硫的尿液成份(489)
3. 其他的有機成份(490)	4. 酵素、維生素和激素(491)
5. 尿液的色素(491)	
丁 尿液的異常成份.....	493
戊 尿液的沈澱和尿石.....	494
己 膳食對於尿液成份的影響.....	495

醫 用 生 物 化 學

生 理 化 學

第一章 生理現象的物理化學基礎

第一節 水溶液的理論

I. 水之特性

生物體的無機成份比之有機成份為數甚少。主要的是水和無機鹽類(鈉、鉀、鈣、鎂、鉍、硫酸、鹽酸、磷酸、碳酸和氫氟酸等鹽類)。就中水的數量於生物體內居首位。吾人體重的大部份即由於水份所構成;平均在成人約佔體重 65%, 而在新生兒及胎兒約佔 70% 及 94%, 各隨年齡的增長而減少。至身體各器官組織的水含量異常差異, 似與其活動力有密切關係。凡活動力較強的組織其含水量亦較大(閱第一表)。

第一表 不同的器官組織和體液的水含量(百分比)

藍珊瑚質-----	0.2	肌肉-----	76.0	乳液-----	89.0
齒石灰質-----	10.0	腸道-----	77.0	淋巴液-----	96.0
骨骼-----	22.0	胰臟-----	78.0	胃液及腸液-----	97.0
彈性組織-----	50.0	肺臟-----	79.1	淚液-----	98.0
軟骨-----	55.0	心臟-----	79.3	腦脊髓液-----	99.0
肝臟-----	70.0	結締組織-----	80.0	汗液-----	99.5
脊髓和腦-----	70.0	腎臟-----	83.0	唾液-----	99.5
皮膚-----	72.0	血液-----	80.0		

水份存在於生物體內的狀態有二：一部份保持普通的流動狀態充作溶劑，故稱曰溶水或游離水。另外大部份均附和而固定於膠體分子（例如蛋白質等）和金屬離子（例如 Na^+ 等）等的周圍，變作後二者的主要成份，失去了一般溶劑的功能，故稱曰附和水或束縛水。

水在生物的生理上負有重要的使命：1) 保持生物體內的滲透現象；2) 維護原形質的膠體狀態；3) 調節生物的體溫；4) 充作體內運動部份的滑劑以減少摩擦表面的阻力；5) 促進各種新陳代謝的化學反應；6) 對於許多物質的吸收、運輸及排洩是不可缺少的攜帶體。

從物理化學的觀點看來，水的化學構造及特性最適宜擔負此生理的任務：

1. 水的化學構造：因為電子屬於氧者較屬於氫者為多，故水分子一端較陽性而他一端較陰性，形成所謂偶極子。在平常溫度下這水分子即由此偶極子的力量互相吸引，可說是結成分子團而存在。往昔的舊觀念，以為水具有分子式 H_2O 及分子量 18 是不正確的。牠這樣似乎只能出現於 400°C 以上。我們只一想在平常溫度下這簡單的水分子 H_2O 比之 N_2O 分子所以能形成液體，並具有相當高的沸點者，就不會驚異其構造為特殊了。

2. 水具有高度的比熱：把一克水的溫度增高一度時，比其他任何已知的物質都需要較多的熱量。正因生物體充滿了水溶液，所以由新陳代謝中放出的熱量，對生物體溫的影響至微。

3. 水具有高度的蒸發熱：水到沸點變作蒸汽所消耗的熱能為最大（一克水消耗 539 卡）。如反而言之，身體蒸發一定的水量時，也得到最高的退熱效力。

4. 在一定的溫度和壓力下，空氣所可能含蓄的水蒸汽比任何其他液體者為多，因而水在空氣中亦較任何其他液體能多所揮發。

5. 水在非金屬物質中為最良好的導熱體，所以生物體內各組織

間的溫度差別較易於平均而消散。

除此以上四種特性外，水在體內的循環和運輸亦便利，故為調節體溫的最理想的物質。並且由於水比其他液體均較易獲得和供給，因而吾人揮發汗液去調節體溫也至為經濟。

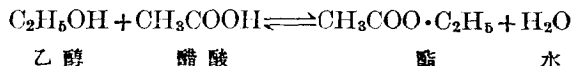
6. 水具有高度的電介質常數：純水的電介質常數比其他任何常用的液體為大。一個媒體的電介質常數愈大，於是其中每兩個不同電荷的質量點間的靜電吸力就愈小。因之，使該二者可於水溶液內分離存在，也就是說，水為產生離子或引起電離作用最佳的媒體。

7. 水具有最大的溶解能力：沒有任何別的液體比水能溶解的物質再多了。不但水可以製造真性溶液，更能把膠體物質分散成膠狀溶液。甚且有不溶解水內的物質，還可藉促水溶物質的促水溶作用使其溶解於水內。在水溶液中一切物質較易於接觸以促進相互的反應。

8. 除汞以外，水的表面張力為最大，差不多所有水溶物質皆顯示毛管活動性而降低其表面張力。這一點具有重要的生理作用。

II. 質量作用律

此種質量作用律的含意，即是說，不同的物質相互反應的速度，不僅與各個物質的性質，而且與各個物質的濃度也是有關的。特別在非電解質的可逆性反應，這濃度關係的表現最為顯著。現在引用下列的反應作例以闡述之：



假使從上式左方，使一克分子醇和一克分子酸相作用，則此反應向右進行至消耗了各 $\frac{2}{3}$ 克分子醇和酸，並生出了 $\frac{2}{3}$ 克分子酯後而停頓。反之，如果由右方使一克分子酯與一克分子水起水解，則此反應向左進行至水解了 $\frac{1}{3}$ 克分子酯，並產生了各 $\frac{1}{3}$ 克分子醇和酸後而終止。所

在此反應，無論自何方開始，末了總得到同樣的混合體，含有各 $1/3$ 克分子醇和酸及各 $2/3$ 克分子酯和水，歷久不變。這個最終狀態就稱曰化學平衡，爲一切可逆性反應所特有的現象。

從化學平衡的動力觀點而言，此時化學的反應，並非完全停止。因這化學反應的速度，不論醇和酸的合成酯，或酯水解爲醇和酸，皆與各相化物質的濃度有關；如濃度增加，則各分子碰撞的機會愈多，自然彼此反應的速度也愈大。故此反應的速度可用下列方程式表達之：

$$V_1 = K_1 \cdot [\text{CH}_3\text{COOH}] \cdot [\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}] \quad (\text{I})$$

$$V_2 = K_2 \cdot [\text{CH}_3\text{COO} \cdot \text{C}_2\text{H}_5] \cdot [\text{H}_2\text{O}] \quad (\text{II})$$

其中 V_1 和 V_2 代表反應速度， $[]$ 括弧代表分子濃度， K_1 和 K_2 爲兩個常數，此與該相化物質的性質及其分子碰撞的頻率有關。在該反應進行的過程中，不論從醇和酸之合成酯，或從酯水解爲醇和酸，因各物質的濃度逐漸減少，而 K_1 和 K_2 的數值不變，所以其速度愈形降下。反之，方程式的對方新產物的濃度，則隨反應之進展而逐漸增多，於是逆行反應的速度益見增高，終至於兩方反應的速度相抵， $V_1 = V_2$ ，也就是說，在一定的時間內，此由酸和醇所生的酯分子，與由水解消失的酯分子恰巧相等，以致形成了動力的化學平衡。因 $V_1 = V_2$ ，於是由 I 和 II 方程式得出：

$$K_1 \cdot [\text{CH}_3\text{COOH}] \cdot [\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}] = K_2 \cdot [\text{CH}_3\text{COO} \cdot \text{C}_2\text{H}_5] \cdot [\text{H}_2\text{O}]$$

$$\text{或} \quad \frac{K_1}{K_2} = \frac{[\text{CH}_3\text{COO} \cdot \text{C}_2\text{H}_5] \cdot [\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CH}_3\text{COOH}] \cdot [\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}]} \quad (\text{III})$$

但 $\frac{K_1}{K_2}$ 仍爲常數，故用 K 代替之。於是

$$K = \frac{[\text{CH}_3\text{COO} \cdot \text{C}_2\text{H}_5] \cdot [\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CH}_3\text{COOH}] \cdot [\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}]} \quad (\text{IV})$$

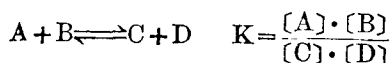
由此方程式，可知在可逆性反應到達平衡時，這一方相化物質的濃度之乘積與對方濃度的乘積之比數是恆定的。這個新的常數 K 就稱曰

可逆性反應的平衡常數，而對於每個可逆性反應是一個特殊的數值，並與溫度有關；例如上例的可逆性反應在 18°C 具有的平衡常數是 4，這數值不論該反應自何方開始，並不論開始時使用的物質數量為多少，總是不變的。

$$K = \frac{\frac{2}{3} \cdot \frac{2}{3}}{\frac{1}{3} \cdot \frac{1}{3}} = 4$$

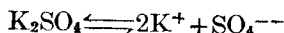
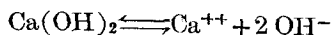
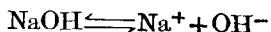
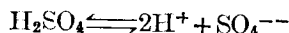
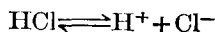
正因 K 對於每一個化學平衡為一定的常數，故如從方程式的一方增加或取去相化物質，將平衡傾覆後，則此相化物質的濃度即被調整仍恢復其平衡，使 K 仍保持原有的數值。譬如在上述的可逆性反應中，無論增加左方的醇或減少右方的酯，同樣致使此反應向右方進行，也就是說，促進醇和酸的結合而產生酯。

為使方程式普通化起見，我們也可用字母來表達此可逆性反應。



III. 電離論

許多物質(如酸、鹼和鹽類)的水溶液呈示導電性，且於導電時起分解，故名曰導電物或電解質。根據這事實，由 Arrhenius 氏創立所謂電離論，以為凡電解質溶化水內後，一部份即離解成陽離子和陰離子。離子亦稱曰伊洪，也就是荷電的原子或原子團，如下式所示：



其荷陽電者即稱曰陽離子，而荷陰電者稱曰陰離子。但因溶液呈電中性，故溶液中陽電荷之總數一定等於陰電荷之總數。至每個離子所負電荷數則等於原子或原子團(根)的原子價。當電流通過此電解質的