

醫學院適用

生物化學

第一部 總論

(修訂本)

陳叔騏主譯

華東醫務生活社出版

醫學院適用

生物化學

第一部 總論

主譯者	陳叔驥	潘華珍	王聞運
	陳叔驥	袁玉璫	谷鳳岐
	趙永淑		
	王淑運		

華東醫務生活社出版

1952.8

版權所有★不准翻印

一九五二年八月三版

生 物 化 學

第 一 部 總 論

主 譯 陳 叔 騏

出 版 華 東 醫 藥 生 活 社

社 址：上海淮海中路 1670 弄 12 號
濟南經二路 337 號

發 行 新 華 書 店 山 東 分 店

印 刷 華 東 醫 藥 生 活 社 印 刷 廠

原 書 名 Biochemistry for Medical Students

原 作 者 William Veale Thorpe

原 出 版 者 J. & A. Churchill Ltd. LONDON

原 出 版 日 1952, 5th Ed.

(濟南) 9001-11000

譯 者 序

本書譯自 William Veale Thorpe 所著生物化學第四版，其內容頗適合醫學生的需要，但有些地方不符合中國情況，尤其是營養部分，譯者除將其修改外，仍望讀者加以批判的吸取，在現在中文課本奇缺之情形下，本書尙有其應用之價值。

書中譯名大部均採用高氏醫學辭彙及北京大學生物化學系所擬之生物化學名詞草案，有些名詞是譯者自擬，譯者認為名詞只要能代表某一事物即可，無妨力求簡單，以便寫作和閱讀的方便。

本書分三部裝訂，另有合訂本，以便讀者選購。第一部是總論，包括組織成分及生物化學原理；第二部是代謝化學；第三部是營養及排泄。原書維生素一章在第二部，因與營養關係較密切，故移至第三部。書末附英漢名詞對照表，內註頁數，可作索引用。

本書係本人主譯，有幾章是本院生物化學實驗室助教及練習生同志所譯經本人校閱的，此數章之末均註明該章譯者。

譯者生物化學的經驗很少，本書又係突擊完成，內容難免有錯誤，即詞句也有不甚通順的地方，容再版時更正，更希望讀者多加批評提供意見，以便改正。

陳叔駟 於濟南白求恩醫學院

1950年11月20日

第 三 版 序

原著於 1952 年發行第五版，現根據該版本加以修訂和補充，原用譯名不妥者，亦修正之。原著有些部分並非實際需要，亦加以刪改，以省篇幅，減少讀者負擔。

原文名詞除少數尚未統一者外，均不列在文中，請參看英漢名詞對照表（在全書之末）。

陳叔駱 1982 年 6 月 26 日

目 錄

第 一 部

	頁數
第 一 章 緒論.....	1
定義.....	1
組成身體的成分.....	1
第 二 章 酸鹼度.....	3
指示劑.....	6
酸鹼滴定.....	7
緩衝液.....	8
第 三 章 水.....	11
組織含水量.....	11
食物含水量.....	12
水的攝取和排出.....	12
水的生理重要性.....	13
溶液的性質.....	13
擴散.....	13
滲壓.....	14
表面張力.....	16
吸附作用.....	17
分子在界面的排列.....	19
第 四 章 膠體.....	20
膠體的一般性質.....	22
杜南平衡.....	23
懸膠和乳膠.....	25
促溶性.....	28
第 五 章 醣.....	30

單醣.....	30
糖的化學.....	30
單醣的通性.....	34
丙醣及其有關之化合物.....	38
戊醣和己醣.....	39
醣醛酸.....	42
雙醣.....	43
多醣.....	44
第 六 章 脂肪及其相關物質.....	47
脂質的分類.....	47
簡單脂.....	48
真脂.....	48
蠟.....	51
結合脂.....	52
磷脂.....	52
腦苷脂(醣脂).....	55
衍脂.....	55
脂酸.....	55
醇.....	57
胆醇和胆酸的關係.....	59
第 七 章 蛋白質.....	60
氨基酸.....	60
氨基酸的一般化學性質.....	64
蛋白質.....	65
蛋白質的結構.....	65
蛋白質的分子量.....	68
蛋白質的通性.....	69
蛋白質的成分.....	70
變性.....	71
蛋白質的水解產物.....	72
蛋白質的分類.....	72
簡單蛋白.....	73
結合蛋白.....	74

第八章 核酸	77
固類	77
固類	78
尿酸	79
核酸	79
第九章 動物色素	83
吡咯色素	83
黃素	84
脂色素	84
黑色素	86
蝶呤	86
其他色素	86
第十章 酶	87
酶的性質	88
影響酶作用的因素	89
酶的綜合作用	95
專性	96
自溶作用	97
第十一章 氧化和還原	98
需氣的氧化	99
不需氣的氧化	102
組織中的氧化	105
第十二章 血液	106
血液的功用	106
血液性質	106
血液之成分	109
血漿和血清	109
成人血液之正常值	110
血漿蛋白之功用	113
血漿之其他成分	114
白血球	115
紅血球	115

血溶	115
紅血球之成分	116
血色蛋白	116
體外血色蛋白之分解	120
體內血色蛋白之分解	125
胆色素之化學及其形成	126
和血漿成分相似的體液	127
和血漿透析液成分相似的體液	127
第十三章 組織的成分	129
結締組織	130
肌肉組織	130
神經組織	132
皮膚及其附件	133

第一章 緒 論

定 義

生物化學的目的是研究有生命的組織中的一切化學變化，找出的變化的規律，使為人民健康事業服務。醫科和牙科學生所需要的生物化學，是聯系化學和人類生理學的。生物化學和生理學關係很密切，應相互為用，同時學習。但是由於研究方式不同，所以兩科多分別教授，而且兩科的範圍很廣，不是任何一科所能單獨包羅的。生物化學和生理學都以明瞭健康人的機能為主。病理化學或臨床化學是研究病態的，可以幫助了解正常機能，並在臨床方面實際應用。

組成身體的成分

人體的元素：氧約 64%，碳 18.5%，氫 9.9%。大部氫氧結合為水，約佔人體 65%；其餘的 35% 多為有機物。

組成人體固體的成分(以體重作100%)

C	18.5	Cl	0.16
O	6.5	S	0.14
H	2.7	K	0.10
N	2.6	Na	0.10
Ca	2.5	Mg	0.07
P	1.1	Fe	0.0

體內銅、錳、碘等只有微量，這些元素都是維持生命不可缺少的。尚有 Al、As、Br、F、Si、Zn 等元素現在還不知道有何特殊功用，但都是體內含有的。此外尚有其他微量元素。

以上諸元素只氧、氮、氫有原子狀態的（大腸內腐敗作用可生少量氫）。所有元素的化合物，可以其性質分類：像脂肪和類似脂肪的物質可溶於乙醇、乙醚

等溶媒中，統稱脂類；身體大部是由含氮物——蛋白質* 所構成；其餘部分爲醣類和其他有機物或無機物。組織燃燒所剩的灰就是無機物（即金屬的氧化物、氯化物、硫酸鹽、磷酸鹽等）。

體內含蛋白質很多，但尚有少量其他含氮物。

無 機 物	有 機 物	
	含 氮 物	非 含 氮 物
水	蛋白質	其餘脂類
無機鹽	某些脂類	醣
其他（鹽、鹽酸、游離的氧等）	其他（膠、肌酸、固醇等）	其他（甘油、乳酸等）

動植物組織相似，因所含的不外水、蛋白質等幾類物質，但是動物所含的和植物所含的是不相同的，並且含量也有很大的差別。

動植物組織成分的比較

以 百 分 計	水	脂肪	蛋白質	醣	灰 份
牛肝	71.2	4.5	20.7	1.5	1.6
牛肉	75.9	0.9	18.4	1.5	1.3
白菜葉	89.2	0.4	1.8	6.9	1.3
馬鈴薯	78.3	0.1	2.2	18.0	1.0

注意表中蛋白質和醣的量不同，因動物以蛋白質構成主要的支架組織，植物則以醣作支架組織。植物所含脂肪比動物少。人僅靠素食尚能進行工作和維護組織。生物化學的目的就是研究進行工作和維護組織所發生的化學變化。

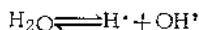
* 體內除蛋白質外，其他含氮物質很少，所以將總氮量乘因數即得蛋白質大約的量。

第二章 酸鹼度

除胃液外，組織和組織液的化學反應都是近乎中性的。組織非常敏感，如周圍的浸液的反應稍有改變，生理上即有重大影響。試取蛙心，浸在適宜的溶液中，能繼續跳動；如浸液稍酸或稍鹼，心跳立即停止。所以有生命的組織在生理化學的變化中，都是在最適宜的酸鹼環境中進行的。

體內酸鹼度的改變只限於極小的範圍，所以必須設法表示這微小的變化。但是用當量濃度又不能表示，因為當量僅表示能和鹼結合的酸量（或和酸結合的鹼量），因此 $N/10$ HCl 與 $N/10$ 乙酸雖然當量濃度一樣，酸度却大不相同，醋比 $N/10$ 乙酸（醋酸）濃七倍，可是還不及 $N/10$ HCl 酸。我們須要知道酸的強度而不是酸量。溶液酸度的強弱，和酸量及其化學性質，沒有一定的關係。

氫游子（ H^+ ）超過氫氧游子（ OH^- ）* 就是酸， OH^- 超過 H^+ 就是鹼。酸的強度就是以超量的 H^+ 而定，鹼的強度就是以超量的 OH^- 而定；若 H^+ 和 OH^- 的量相等就是中性液。純水是典型的中性液，因為它有等量的 H^+ 和 OH^- ，水的游離式為：



所以無論水游離多少， H^+ 和 OH^- 的濃度總是相等的。

酸可以形成游子 H^+ ，加酸可以增加 H^+ 的濃度而不增加 OH^- 的濃度，如：



同理，加鹼可以增加 OH^- 的濃度，而不增加 H^+ 的濃度，如：



必須注意即使是強酸溶液也有 OH^- ，反之鹼溶液內也有 H^+ ，因為水多少有些游離，所以一切水溶液都含 H^+ 及 OH^- 。

一溶液內若 H^+ 多於 OH^- 則為酸。

一溶液內若 OH^- 多於 H^+ 則為鹼。

水的游離是可逆反應，並且符合質量作用定律的。水在達到游離平衡時， H^+ 和 OH^- 的濃度乘積與水的濃度有一定的比例。可以用下式表示：

$$[H^+] \times [OH^-] = K [H_2O] \dots\dots\dots (1)$$

K 是常數，方括弧表示濃度。

* H^+ 和 OH^- 亦可寫作 H^+ 和 OH^-

若加入 H^+ 則方程式的左端物質增加， OH^- 必與 H^+ 結合成水以降低其濃度，直達和上式的濃度比例相同為止；換句話說，若在溶液內加入 H^+ ，則水的游離度降低，致使 OH^- 的濃度比在純水中少。同理加入 OH^- ，水的游離度也降低， H^+ 的濃度也要比在純水中少。

實際水的游離度非常小，即使游離的 H^+ 和 OH^- 完全結合，所增加的水，也是微少不足道的，所以在加入 H^+ 或 OH^- 時，所增加的水也就可以畧而不計了。10,000,000 升的水僅含 H^+ 1 克， OH^- 17 克，因此在水完全不游離時，水量僅由 10,000,000,000 克增至 10,000,000,018 克，所以水的濃度可以認為是不變的。方程式 (1) 可寫作：

$$[H^+] \times [OH^-] = K \times c = K_w \dots\dots (2)$$

常數 K_w 稱為水的游離積，方程式 (2) 對於一切含 H^+ 和 OH^- 的都適用（即純水和一切水溶液）。在酸溶液內 $[H^+]$ 多，所以 $[OH^-]$ 少，但決不是沒有，因為 $[H^+] \times 0 = 0$ ，就不是 $= K_w$ 了；同理在鹼溶液內 $[H^+]$ 也不是零。例如：在一水溶液內，若 $[H^+]$ 增加一倍，那麼 $[OH^-]$ 就必須減半，方程式才能平衡。

$$2 [H^+] \times \frac{1}{2} [OH^-] = K_w = [H^+] \times [OH^-]$$

在純水或中性液內 $[H^+] = [OH^-]$ 所以方程式 (2) 可以寫作：

$$[H^+]^2 = K_w$$

由純水的電導度可求出 $[H^+]$ ，求得的 H^+ 濃度 $[H^+]$ （生物學上常用 pH 表示）是一千萬分之一當量（在 $22^\circ C$ 時），亦即一升純水中含有：

$$\frac{1}{10,000,000} = \frac{1}{10^7} = 10^{-7} \text{ 克的 } H^+$$

pOH 也是 $10^{-7}N$ ，所以 $K_w = (10^{-7})^2 = 10^{-14}$ 。

如 $N/1,000$ 的 HCl 溶液， HCl 是 100% 游離，所以氫游子濃度是 $N/1,000$ 也就是 10^{-3} ，水游離產生的 H^+ 太少可以畧去不計。 $pH \times pOH = 10^{-14}$ ，所以 $N/1,000$ HCl 中有 $pOH 10^{-11}$ ；同理在 $N/10,000$ $NaOH$ 中有 $pOH 10^{-4}$ ， $pH 10^{-10}$ 。所以溶液的酸鹼度用 pH （或 pOH ）就可以表示。

pH 大於 10^{-7} （如 10^{-5} ）的溶液是為酸。

pH 小於 10^{-7} （如 10^{-12} ）的溶液是為鹼。

上例 HCl 與 $NaOH$ 都是 100% 游離的。實際只有濃度比 $N/10$ 淡時才是全部游離，因此凡比 $N/10$ 淡的溶液，若知其當量濃度，就可知其 pH ；較濃溶液就不是全部游離，所以須知其游離度，才能求出 pH 。弱酸（如乙酸）溶液比 $N/10$ 淡很多時，才是 100% 的游離， $N/10$ 乙酸僅有 1.35% 游離，其 pH 為 1.35×10^{-3} ，可

知 $N/10$ 乙酸爲什麼沒有 $N/10$ HCl 酸了。

在生物體內的一切反應都在 $cH10^{-1}$ 到 $cH10^{-10}$ 之間，這樣表示在應用上十分不便，所以採用索氏 (Sorensen) 的 pH 符號，把負指數改成 pH 符號，如 $cH10^{-7}=pH7$ 。

溶液的 pH 是以 10 爲底的對數的負值，表示每升溶液中 H^+ 的克數，寫成數學式：

$$pH = \log \frac{1}{cH} = -\log cH$$

$pH3$ 的溶液每升含 H^+10^{-3} 克。

$pH5$ 的溶液每升含 H^+10^{-5} 克。

$pH8$ 的溶液每升含 H^+10^{-8} 克。

應特別注意 $pH3$ 的溶液其氫游子濃度爲 $pH4$ 溶液的十倍， $pH5$ 溶液的百倍； cH 增高 pH 降低，每當 pH 降低一單位， cH 就增十倍。中性液爲 $pH7$ ， pH 低於 7 者爲酸，高於 7 者爲鹼。注意 pH 的等級爲對數值，而不是數學值。例如 $pH6.5$ ，其 cH 決不是 $pH6$ 和 $pH7$ 的平均值， $pH6.5=cH3.2 \times 10^{-7}$ ， $pH6=cH10 \times 10^{-7}=cH10^{-6}$ 。

若知 cH 就很容易求出 pH ，若知 pH 也可求得 cH ，例如：

已知一溶液 $cH2.3 \times 10^{-4}$ ，試求其 pH 。

$$\begin{aligned} pH &= \log \frac{1}{cH}, & \therefore pH &= \log \frac{1}{2.3 \times 10^{-4}} \\ & & &= \log -\log (2.3 \times 10^{-4}) \\ \text{因 } \log 1 &= 0 & \therefore pH &= -\log 2.3 - \log 10^{-4} \\ & & &= -0.3617 + 4 \\ & & &= 3.64 \text{ (取兩位小數)。} \end{aligned}$$

已知一溶液 $pH8.3$ ，試求其 cH 值。

$$\begin{aligned} pH &= 8.3 = 9 - 0.7 = 9 - \log 5.01 \\ &= \log \frac{1}{5.01 \times 10^{-9}} & \therefore cH &= 5.01 \times 10^{-9} \end{aligned}$$

溶液的 pH 隨溫度改變，溫度增高游離度加大。純水在 $22^\circ C$ 時 $pH7$ ，若在 $38^\circ C$ 時則 $pH6.74$ 。完全游離的溶液如 $N/10$ HCl ，溫度對其 pH 無甚影響。

下表是某些液體的 pH

液體	pH	液體	pH
N/10 HCl	1.04	純水	7.0
胃液	1.4	牛乳	7.1
N/100 HCl	2.0	淚	7.2
N/10 乙酸	2.87	血	7.4
嬰兒的胃液	3.0	腸液	7.8
尿(平均值)	6.0	胰液	8.0
唾液	6.8	N/100 NaOH	12.0

指 示 劑

溶液的氫游子濃度，能用某些適合的顏料表示，此等顏料稱指示劑。這些顏料多為弱酸(有時為弱鹼)，它的特點：(1)在溶液中有一定比例的游離。(2)游子與未游離的分子顏色不同*。(3)指示劑(酸)在什麼 pH 游離要看它的酸度，酸性強的指示劑在 pH 低時就能游離。若以 MH 代表甲橙(酸，紅色)，在水溶液內游離為：



M' 為黃色游子，溶液的顏色由其游離的程度所決定，在最淡的溶液內為黃色，在較濃的溶液內，若不能完全游離則呈橘黃色，若不游離則為紅色。若加酸(即 H⁺)阻止其游離，則形成 MH 而變紅；若加鹼(即 OH⁻)則與 H⁺ 結合成水，使 MH 充分游離，就顯黃色。

指示劑除用於測定可滴定的酸量(或鹼量)——即某溶液在完全游離時 H⁺(或 OH⁻)游子的總量——也可用以測定酸度(或鹼度)。試取一套指示劑，這些指示劑包括各種強度不同的酸(即在任何 pH 都有游離的)。選一適宜的指示劑加入溶液內，由指示劑呈現的顏色，可推測該溶液的 pH。若呈現的顏色恰是指示劑的中間顏色(即部分游離)，則該溶液的 pH 居於此指示劑 pH 限度中間(即未游離時的 pH，到完全游離的 pH 之間)。指示劑不能加入過多，過多則指示劑

* 嚴格的說，無色酸變為有色游子，或有色酸變為不同顏色的游子是不可能的。指示劑的酸在游離前後必須經過「互變異構」(Tautomeric)變成另外不同顏色的酸。但在實際應用方面，仍可以解釋為酸分解成不同顏色的游子。

的酸可以影響溶液的 pH，所以指示劑必須是少量就夠呈現顯明的顏色的。上表所列的指示劑不帶 + 符號的特別適用於測定 pH。

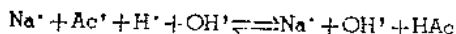
常用指示劑

指 示 劑	pH 限度	顏色變化
麝藍 (酸性範圍) Thymol Blue (T.B.)	1.2-2.8	紅→黃
+ 陶氏試劑 Töpfer's Reagent	2.9-4.0	紅→黃
+ 甲橙 Methyl Orange (M.O.)	3.1-4.4	紅→黃
溴酚藍 Bromphenol Blue (B.P.B.)	3.0-4.6	黃→藍
+ 剛果紅 Congo Red	3.0-5.0	藍→紅
溴酚綠 Bromocresol Green (B.C.G.)	4.0-5.6	黃→藍綠
甲紅 Methyl Red (M.R.)	4.3-6.3	紅→黃
溴麝紫 Bromocresol Purple (B.C.P.)	5.2-6.8	黃→紫
溴麝藍 Branthymol Blue (B.T.B.)	6.0-7.6	黃→藍
酚紅 Phenol Red (P.R.)	6.8-8.4	黃→紅
麝紅 Cresol Red (C.R.)	7.2-8.8	黃→紅
麝藍 (鹼性範圍) Thymol Blue (T.B.)	8.0-9.6	黃→藍
酚酞 Phenolphthalein (P.P.)	8.3-10.0	無色→紅

+ 不適用於測定 pH

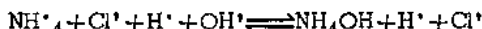
酸 鹼 滴 定

強酸和強鹼的滴定比較簡單，因為所產生的是穩定的（或不溶性的）鹽。酸鹼（如 N/10 酸鹼）必須等量混合，才能得中性液。強酸強鹼的滴定，甲橙或酚酞（或相似的指示劑）都可以選用，因為理論上雖應選用 pH 7 的指示劑，實際在中和點附近，一滴 N/10 的酸或鹼就使 pH 變的很多，故可不受此限制。若取同量 N/10 的乙酸和 N/10 NaOH 混合，結果所得的並不是中性液，而為鹼性液，因乙酸鈉在溶液中水解的緣故。



乙酸不能全部游離，故有過量的 OH⁻，如用 HCl 可以完全游離（H⁺不和 Cl⁻結合）因此 OH⁻不比 H⁺多，故溶液呈中性。

用弱鹼強酸（如 $\text{NH}_4\text{OH} + \text{HCl}$ ）則結果相反：



以 NaOH 滴定乙酸所用指示劑，應選用在 OH^- 濃度比乙酸鈉液高時才變色的，即在比乙酸鈉溶液較鹼時才游離的（如酚酞）。同理用 HCl 滴定 NH_4OH 應選用在較低的 pH 游離的（如甲橙）。

緩 衝 液

組織中很多反應，有酸（或鹼）產生，但在有生命的組織內，pH 的變化非常小，這是有生命組織的一個重要的特性。人血的 pH 為 7.4；若在 pH 7.0 或 7.6 時，就非常危險，甚至可致命。在正常狀況下， CO_2 （碳酸）雖不斷增加，但血液的 pH 仍保持在 7.3 和 7.5 之間，動脈血與靜脈血的 pH 很少相差到 0.04 的；又肌肉在劇烈運動時，即使血中乳酸增加，每 100 毫升超過 100 毫克，但 pH 僅微有降低。這是由於血液含緩衝物，它能吸酸（或鹼），所以使 pH 不致改變。要了解緩衝作用，應先注意某些鹽溶液加酸的現象。

下列三溶液其 pH 都是 7。

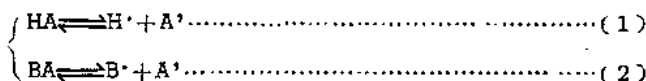
（甲）純水。

（乙） NaCl 溶液。

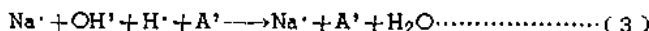
（丙） KH_2PO_4 與適量 NaOH 的混合液。

上述三溶液，各取 100 毫升加指示劑溴酚紫（pH 5.2—6.8），然後再各加 $\text{N}/100 \text{ HCl}$ 1 毫升，則（甲）與（乙）變黃，表示 pH 低於 5.2，而（丙）顏色沒有改變，除非再加大量的酸才能變。

像（丙）液，加相當量的酸或鹼，其 pH 仍不變的就叫做緩衝液。緩衝液與酸鹼溶液不同，沖淡後其 pH 不改變，所以緩衝劑就是避免 pH 驟然變更的物質。普通緩衝液的成分，為弱酸及該酸與強鹼所成的鹽，或弱鹼及該鹼與強酸所成的鹽；各含兩種物質，所以稱緩衝對。設一緩衝液是由鹽 BA 和酸 HA 所組成，說明其作用如下：



HA 是弱酸，所以加鹼則（1）變成：



加酸則（2）變成：

