

醫學院適用

生物化學

第一部 總論

William Veale Thorpe 著

陳叔騏 主譯



華東醫務生活社出版

Q510129-1
江南大学图书馆



91117218

醫學院適用

生物化學

第一部 總論

主譯者

陳叔騏

潘華珍

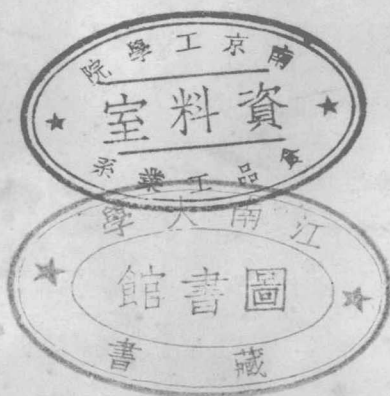
袁玉璩

王明運

谷鳳岐

趙永績

王淑運



華東醫務生活社出版

1950.12.

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，本書尚有其應用之價值。

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。

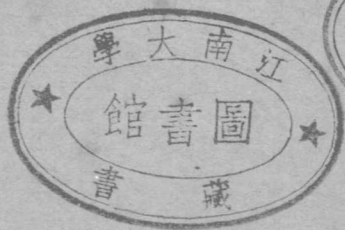
本書分三部裝訂，另有合訂本，以便讀者選購。第一部是總論，包括組織成分及生物化學原理；第二部是代謝化學；第三部是營養及排泄。原書維生素一章在第二部，因與營養關係較密切，故移至第三部。書末附英漢名詞對照表，內註頁數，可作索引用。

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。

陳叔駙於濟南白求恩醫學院

1950 年 11 月 20 日



目 錄

第 一 部

第一章 緒論	1
組成身體的元素	2
動植物組織成分的比較	3
本書計劃	3
第二章 酸鹼度	4
指示劑	7
酸鹼滴定	9
緩衝液	9
pH的測定	11
第三章 水：通性，滲透作用，表面張力，吸附作用。	14
組織含水量	14
食物含水量	15
水的攝取和排出	15
水的化學成分	16
水的生理重要性	16
溶液的性質	17
表面張力	19
吸附作用	21
第四章 水：膠體狀態，促溶性，重水。	24
膠體液的一般性質	25
杜南平衡	27
乳膠和懸膠	29
親水作用（促溶性）	31
第五章 醣	33
單醣	33
糖的化學	33

糖的環狀結構.....	35
吡糖呋糖的命名.....	37
單醣的通性.....	38
丙醣及其有關之化合物.....	41
戊醣和己醣.....	42
醣醛酸.....	45
雙醣.....	45
多醣.....	47
第六章 脂肪及其相關物質	49
脂肪的化學成分.....	49
脂質的分類.....	49
簡單脂.....	50
真脂.....	50
臘.....	54
結合脂.....	54
磷脂.....	54
腦糖或醣脂.....	57
衍脂.....	58
脂酸.....	58
磚.....	59
胆磚和胆酸的關係.....	61
第七章 蛋白質	63
氨基酸.....	63
氨基酸的一般性質.....	67
蛋白質.....	68
蛋白質的結構.....	68
蛋白質的分子量.....	71
蛋白質的通性.....	72
變性.....	75
蛋白質的水解產物.....	75
蛋白質的分類.....	76
簡單蛋白.....	76

	結合蛋白.....	78
第八章	核酸.....	80
	函類.....	80
	鹼類.....	81
	尿酸.....	81
	核酸.....	82
第九章	動物色素.....	86
	吡咯色素.....	86
	黃素.....	87
	脂色素.....	87
	黑色素.....	88
	其他色素.....	89
第十章	酶.....	90
	酶的命名.....	91
	酶的性質.....	92
	酶作用的條件.....	93
	輔酶.....	94
	激劑.....	96
	阻抑劑.....	96
	抗酶.....	96
	酶的綜合作用.....	97
	專性.....	97
	自溶作用.....	98
第十一章	氧化和還原.....	99
	需氣的氧化.....	100
	無氣的氧化.....	101
	需氣的去氫作用.....	102
	組織中的氧化.....	103
	胞素.....	104
	黃蛋白.....	104
	膠氨基硫.....	105
	抗痘酸.....	106

氧化還原的電位.....	106
第十二章 血液.....	109
血液性質.....	109
血液之成分.....	115
血漿和血清.....	115
血漿蛋白之功用.....	117
血漿之其他成分.....	118
白血球.....	118
血小板.....	118
紅血球.....	118
血溶.....	119
紅血球之成分.....	120
血色蛋白.....	120
體外血色蛋白之分解.....	124
體內血色蛋白之分解.....	129
胆色素之化學及其形成.....	131
和血漿成分相似的體液.....	133
和血漿透析液成分相似的體液.....	133
第十三章 組織的成分.....	134
結締組織.....	135
肌肉組織.....	136
神經組織.....	137
皮膚及其附件.....	138
附 英漢名詞對照表.....	1-18

第一章 緒 論

生物化學是研究有生命的組織中的一切化學變化，並不是像一般認為生物化學就是天然產物的化學（Chemistry of Natural Products），因為實際那是有機化學。無生命的肉和乾枯的花與生物化學所以有關係，只是因它能幫助了解有生命的動植物的性質。天然物人工綜合法（Laboratory Synthesis）不屬於生物化學的範圍，除非該法和天然綜合相同。生物化學家對綜合法很感興趣，因為他們喜好分子結構（Molecular Architecture）和有機化學實驗技術；但是醫科或牙科學生就不大需要，正如化學家不需要了解外科手術一樣。本書為醫科和牙科學生應用，所以不包括綜合法。

化學分子式是表明化合物最簡便的方法，有助於記憶，有助於了解化合物在人體中的變化，所以常採用。分子式和速記符號相似，可表示化合物內原子排列概況和性質（即酸、鹼、或鹽），以及它可能的變化及製造方法。本書分子式純為解釋化學變化，因為比詞句解釋容易明瞭。了解分子式，首當注意它特殊的基（Groups），不必死記其結構。

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。因為生物化學和人類生理學關係很密切，這兩科應相互為用，應同時學習。但因研究方式不同，所以兩科多分別教授；因為兩科的範圍很廣，不是生物化學或生理學所能包羅的。

生物化學和生理學都以明瞭健康人的機能為主。研究病態的，是因它有助於了解正常機能，所以當病態的生物化學（病理或臨床化學）有助於了解正常情況時，就加以研究。關於生物化學在臨床的應用，讀者可參考 Harrison 氏所著的『臨床化學檢驗法（Chemical Methods in Clinical Medicine）』（見參考書 3），或 Peter 和 Van Slyke 氏合著的『定量臨床化學（Quantitative Clinical Chemistry）』（見參考書 8）。

人體是由多種化合物聚集而成，有的物質只有微量；有些物質的性質還不甚了解。甚至確含多少種物質也還不知道。

組成身體的元素

分析人體元素結果，知氧約 64%，炭 18.5%，氫 9.9%。大部氫氧接合為水，約占人體 63%；其餘的 35% 多為有機物，如下表：

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。上述諸元素都是維持生命不可缺少的。Al, As, Br, F, Si, Zn 等元素雖尚不知有何特殊功用，但都是體內含有的。此外尚有其他微量元素。

以上諸元素祇氧，氮，氫有原子狀態的（大腸中腐敗作用可生少量氫）。這些元素及其他元素的化合物，可以其性質分類。像脂肪類物質可溶於乙醇，乙醚等溶媒中的稱脂質（Lipides）；身體大部是由含氮物——蛋白質*所構成；其餘部分為醣類（Carbohydrates），和其他有機物或無機物。通常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，但尚有其他含氮物。如用另法分類，就可明瞭。如下表：

無機物	有機物	
	含氮物	非含氮物
水 無機鹽 其他（氮，鹽酸， 游離的氧等物質）	蛋白質 某些脂質 其他（脲，肌酸， 胍等物質）	其餘脂質 醣 其他（甘油， 乳酸等物質）

動植物組織相似，因所含的不外醣，蛋白等幾類物質；但各物互不相同，並且由化學分析得知它的含量差別很大，閱下表可知：

*體內除蛋白質外，其他含氮物質很少，所以將總氮量乘因數就可求得蛋白質大約的數量。

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
洋 芋	78.3	0.1	2.2	18.0	1.0

注意表中蛋白質和醣量的不同，因動物以蛋白質構成主要的支架組織，植物則以醣。植物所含脂肪比動物少。不過人僅靠素食仍能維持工作和維護組織。生物化學的目的就是研究工作和維護組織所發生的化學變化。

本 書 計 劃

一切生活機能 (Living Processes) 都在水溶液中進行，所以先講生物的物理化學原理 (2—4章)。繼研究組織及食物內最常見的物質 (5—9章)。其他生理重要物質在 7, 8, 21, 27, 28 諸章內說明。10 和 11 章包括各種有機觸媒以及它們管制和促進組織內各種化學變化。組織中各物質的分佈包括在 12—13 章內。

第二部分詳細討論代謝過程 (Metabolic Processes)，說明食物的消化和吸收，及在組織中物質變化的情形——就是中間代謝 (Intermediary Metabolism 14—25 章)。由於研究的困難，所以這些過程仍有不十分了解的地方。

26 章討論身體對大氣中氧的利用，和二氧化碳的排泄。

體內有數種物質，其含量雖然很少，但是却有強大管理代謝作用的機能，就是內分泌和維生素，在 27, 28 章講述。

第三部分，以整個身體來講，如能量的需要 (29 章)，膳食的製備和食用 (30 章)，食物的成分 (31 章)。最後是檢查排出的廢物 (32 章)。其他可供參考的零碎資料，列於附錄中。

研究生物化學的某種特殊變化的全部過程，往往牽涉其他方面，須重復以往的講述，此時請參考前章的引證，概不重敘。書後備有索引，以便翻查有關資料。

根據作者的經驗，多數互相矛盾的事實不易了解，是因為學生習慣於質的思考，而疏忽量的方面。當考慮量時，不僅應理會到反應量，也要注意反應時間。換句話說，就是考慮特殊事務時對全盤必需瞭解。對於體內一切化學變化的發生過程，必須認識周到，注意它質和量的變化。(王淑運譯)

第二章 酸鹼度

(見參考書 5, 11, 12, 14)

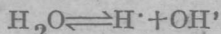
除胃液外，組織和組織液的化學反應都是近乎中性的。組織對其浸液非常敏感，如反應僅微有改變，生理上即有重大影響。試取蛙心，浸在適宜的溶液中。能繼續跳動；如浸液稍酸或稍鹼，心跳立即停止。所以有生命的組織在生理化學的變化中，都有最適宜的酸鹼度。

必須有一些規定，用來表示發度或鹼度微小變更，由下例可知，某些溶液的酸鹼度的差別是很少的。可以配十二種酸鹼度不同的溶液，各對一類生理化學反應適宜，如以指示劑 (Indicators) 來測定其酸鹼性，結果如下：

指 示 劑	呈 酸 性 反 應	呈 鹼 性 反 應
甲橙 (Methyl Orange)	3種	9種
甲紅 (Methyl Red)	6種	6種
酚紅 (Phenol Red)	7種	5種
酚塔 (Phenolphthalein)	12種	0種

可知酸鹼度最好用數字表示，才能加以區別。如果用當量濃度制 (Normality System) 表示發度並不適宜，因為它僅表示能和鹼結合的發量，因此 N/10 HCl 與 N/10 醋酸並沒有分別；但是酸味却大不相同，醋比 N/10 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。

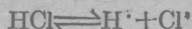
氫游子 (H^+) 超過氫氧游子 (OH^+) * 是為酸， OH^+ 超過 H^+ 是為鹼。酸的強度就是以超量的 H^+ 而定，鹼的強度就是以超量的 OH^+ 而定；若 H^+ 和 OH^+ 的量相等就是中性 (Neutral) 液。純水為典型的中性液，就是因為它有等量的 H^+ 和 OH^+ ，水的游離式為：



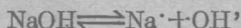
所以無論水游離多少， H^+ 和 OH^+ 的濃度總是相等的。

* H^+ 和 OH^+ 亦可寫作 H^+ 和 OH^-

酸可以形成游離 H^+ ，因此加酸可以增加 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：



必須了解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，所以水溶液含 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 (Law of Mass Action) 的。就是水在任何情形下達到游離平衡時， 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 (Constant)，方括弧表示濃度。

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，所增加的水也是微不足道的，所以在加入 H^+ 或 OH^- 時，所增加的水也就可以略而不計了。10,000,000 公升的水僅含 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，所以可以認為水的濃度是不變的。方程式 (1) 可寫作：

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

常數 K_w 稱為水的游離乘積 (Ionic Product)，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 (Electrical Conductivity) 可求出 $[H^+]$ ，求得的 H^+ 濃度， $[H^+]$ (生物學上常用 cH 表示) 是一千萬分之一當量 (在 $22^\circ C$ 時)，亦即一公升純水中含有：

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

cOH 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 $cH 10^{-3}$ ，水游離產生的 H^+ 太少可略去不計。 $cH \times cOH = 10^{-14}$ ，所以 $N/1,000 HCl$ 中含 $cOH 10^{-11}$ ；同理在 $N/10,000 NaOH$ 中含有 $cOH 10^{-4}$ ， $cH 10^{-10}$ 。所以溶液的酸鹼度用 cH (或 cOH) 就可以表示。

cH 大於 10^{-7} (如 10^{-5}) 的溶液是為酸。

cH 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 $N/10$ 淡的酸鹼溶液，若知其當量濃度，就可知其 cH ；在較濃溶液就不是全部游離，所以須知其游離度，才能求出 cH 。弱酸 (如醋酸) 溶液比 $N/10$ 淡很多時，才是 100% 的游離， $N/10$ 醋酸僅有 1.35% 游離，其 cH 為 1.35×10^{-3} ，可知 $N/10$ 醋酸為什麼沒有 $N/10 HCl$ 酸了。

在生物體內的一切反應都在 $cH 10^{-1}$ 到 $cH 10^{-10}$ 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，僅把負指數寫作 pH 符號即可，如 $cH 10^{-7} = pH 7$ 。

溶液的 pH 是以 10 為底的對數的負值，以表示每公升溶液中 H^+ 的克數，寫成數學式： $pH = \log \frac{1}{cH} = -\log cH$

$pH 3$ 的溶液每公升含 $H^+ 10^{-3}$ 克。

$pH 5$ 的溶液每公升含 $H^+ 10^{-5}$ 克。

$pH 8$ 的溶液每公升含 $H^+ 10^{-8}$ 克。

應特別注意 $pH 3$ 的溶液其氫游子濃度為 $pH 4$ 溶液的十倍， $pH 5$ 溶液的百倍； cH 增高 pH 降低，每當 pH 降低一單位時 cH 就增十倍。中性液為 $pH 7$ ， pH 低於 7 者為酸，高於 7 者為鹼。注意 pH 的等級為對數值，而不是數學值。例如 $pH 6.5$ ，其 cH 決不是 $pH 6$ 和 $pH 7$ 的平均值， $pH 6.5 = cH 3.2 \times 10^{-7}$ ， $pH 6 = cH 10 \times 10^{-7} = cH 10^{-6}$ 。

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 $cH\ 2.3 \times 10^{-4}$ ，試求其 pH 。

$$pH = \log \frac{1}{cH}, \quad \therefore pH = \log \frac{1}{2.3 \times 10^{-4}}$$

$$= \log 1 - \log (2.3 \times 10^{-4})$$

$$\text{因 } \log 1 = 0 \quad \therefore pH = -\log 2.3 - \log 10^{-4}$$

$$= -0.3617 + 4$$

$$= 3.64 \text{ (取兩位小數)。$$

已知一溶液 $pH\ 8.3$ ，試求其 cH 值。

$$pH = 8.3 = 9 - 0.7 = 9 - \log 5.01$$

$$= \log \frac{1}{5.01 \times 10^{-9}}$$

$$\therefore cH = 5.01 \times 10^{-9}$$

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 醋酸	2.87	血	7.4
嬰兒的胃液	5.0	腸液	7.8
尿 (平均值)	6.0	胰液	8.0
唾液	6.8	N/100 NaOH	12.0

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 $pH\ 7$ ，若在 $38^{\circ}C$ 時則 $pH\ 6.74$ 。完全游離的溶液如 N/10 HCl，溫度對其 pH 無甚影響。

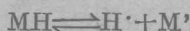
指 示 劑 (Indicators)

溶液的氫游子的濃度，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

※電解的 (Electrolytic)，或游子的解離 (Ionic dissociation) 稱游離 (Ionisation)，其為解離 (Dissociation) 的一種，在理論化學 (Physico-Chemical) 上，常常將形容詞省略，不說電解的或游子的解離，僅說解離，故解離與游離有相同的意義，但是說「游離成游子」不如說「解離成游子」較好。

看它的酸度，酸性強的指示劑在 pH 低時就能游離。以 MH 代表甲橙（酸，紅色），在水溶液內則游離為：



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	pH 限度	顏 色 變 化
† 麝藍（酸性範圍）Thymol Blue	1.2—2.8	紅→黃
陶氏試劑 Töpfer's Reagent	2.9—4.0	紅→黃
甲橙 Methyl Orange	3.1—4.4	紅→黃
† 溴酚藍 Bromphenol Blue	3.0—4.6	黃→藍
剛果紅 Congo Red	3.0—5.0	藍→紅
† 溴靛綠 Bromcresol green	4.0—5.6	黃→藍綠
† 甲紅 Methyl Red	4.3—6.3	紅→黃
† 溴靛紫 Bromcresol Purple	5.2—6.8	黃→紫
† 溴麝藍 Bromthymol Blue	6.0—7.6	黃→藍
† 酚紅 Phenol Red	6.8—8.4	黃→紅
† 靛紅 Cresol Red	7.2—8.8	黃→紅
† 麝藍（鹼性範圍）Thymol Blue	8.0—9.6	黃→藍
† 酚塔 Phenolphthalein	8.3—10.0	無色→紅

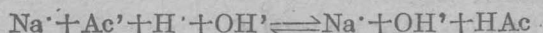
† 適用於測定 pH

指示劑的用途，不僅限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；也可以測定酸度（或鹼度）。試取一套指示劑，這些指示劑有各種強度不同的酸，即在任何 pH 都有游離的（很多顏料的游離常數都已測得）。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 pH 的近似值。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 到完全游離時的 pH 之間）。關於 pH 值的精確測定法參看第 11 頁）。指示劑不能加入過多，過多則指示劑的酸可以影響溶液的 pH，所以指示劑必須是少量就能夠呈現很強的顏色的。上表所列的指示劑帶 † 符號的為特別適用於測定 pH 的。

* 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。在游離前後指示劑的酸必須經過「互變異構」（Tautomeric）變成另外不同顏色的酸。但在實際應用方面，仍可以酸分解而給不同顏色的游子來解釋。

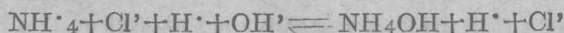
酸鹼滴定

酸鹼滴定中，強酸和強鹼的滴定比較單純，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，甲橙或酚塔（或相似的指示劑）都可以選用，因為在理論上雖應選用 pH 7 的指示劑，然而實際上在中和點附近，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 的醋酸和 N/10 NaOH 混合，結果所得的並不是中性液，而為鹼性液，因醋酸鈉在溶液中水解（Hydrolysis）的緣故。



醋酸不能全部游離，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 滴定醋酸所用指示劑，應選用在 OH^- 濃度比醋酸鈉液高時才變色的，即在比醋酸鈉溶液較鹼時才游離的（如酚塔）。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 (BUFFER SOLUTIONS)

組織中很多反應，有酸（或鹼）的產生，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，甚致可致命。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 pH 相差很少超過 0.04，又肌肉在劇烈運動時，即使血中乳酸增加，每 100c.c. 超過 100mg，但 pH 僅微有降低，因血液含緩衝物，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。

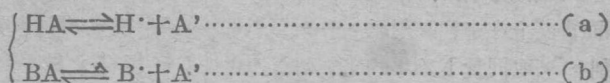
(a) 純水。

(b) NaCl 溶液。

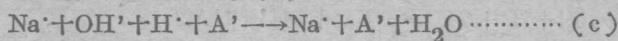
(c) KH_2PO_4 與適量 NaOH 的混合液。

上述三溶液，各取 100c.c. 加指示劑溴酚紫（pH 5.2—6.8）；然後再各加 1c.c. N/100 HCl，則 (a) 與 (b) 變黃，表示 pH 低於 5.2，而 (c) 則顏色沒有改變，除非再加大量的酸才能變。

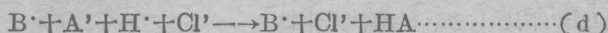
像(c)這樣的溶液，加相當量的酸或鹼，仍不變其 pH 的就叫做緩衝液。緩衝液與酸鹼溶液不同，沖淡後其 pH 仍不變，所以緩衝劑就是避免 pH 驟然變更的物質。普通緩衝液的成分，為弱酸及該酸與強鹼所成的鹽，或弱鹼及該鹼與強酸所成的鹽；各含兩種物質，所以稱緩衝對。設一緩衝液是由鹽 BA 和酸 HA 所組成，說明其作用如下：



HA 是弱酸，所以加鹼則(a)變成：



加酸則(b)變成：



所以加酸或加鹼 pH 都沒有什麼變化，如果水加酸或鹼則 pH 變化很大。在應用時多用過量的緩衝劑，所以 pH 的變更就更小，可略去不計。

選用適宜的酸或鹼，可以配製任何 pH 的緩衝液，按照質量作用定律：

$$[\text{H}^+] \times [\text{A}'] = K [\text{HA}] \quad \therefore [\text{H}^+] = K \frac{[\text{HA}]}{[\text{A}']}$$

K 是酸的游離常數。

因為 HA 是弱酸，幾乎不游離，所以可以認為 $[\text{HA}]$ = 總酸量；在緩衝液中的 A'，幾乎全由於鹽游離而來，所以可認為 $[\text{A}']$ = 總鹽量，因此：

$$[\text{H}^+] = K \frac{[\text{酸}]}{[\text{鹽}]} \dots\dots\dots (e)$$

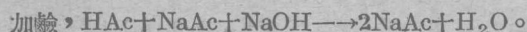
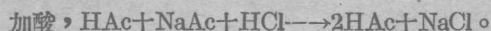
若酸鹽等量，則 $[\text{H}^+]$ 就等於酸的游離常數 K，如果不是等量，則 $[\text{H}^+]$ 為 K 的倍數或分數。前面曾假定鹽是完全游離的，若溶液不夠淡時，則方式(e)應寫作：

$$[\text{H}^+] = K \frac{[\text{酸}]}{\alpha [\text{鹽}]} = K_1 \frac{[\text{酸}]}{[\text{鹽}]} \dots\dots\dots (f)$$

α 是鹽的解離度（實際為一常數）。

現在談談幾個典型的緩衝組 (Typical Buffer Systems) 寫出其化學方程式。若代入(a)，(b)，(c)，(d)則得游子方程式。

(1) 醋酸鈉 + 醋酸



(2) 磷酸鉀或磷酸鈉。

