

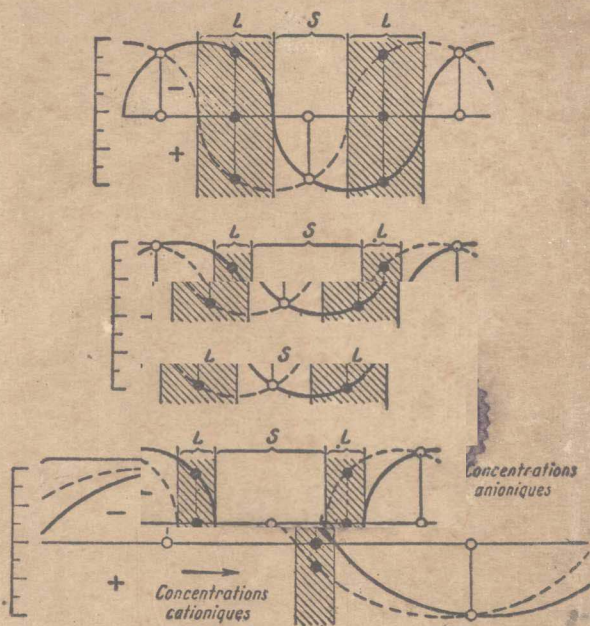
自然科學小叢書

原形質之物理化學

山羽儀兵著

舒貽上譯

王雲五 周昌壽主編



商務印書館發行

自由科學出版社

應用實之物理化學

山崎謙吉著

曾勉上譯

（原書名：物理化學）



商務印書館發行

自然科學小叢書

原形質之物理化學

山羽儀兵著

舒貽上譯

王雲五 周昌壽 主編

商務印書館發行

中華民國二十八年五月初版

(57172)

港

自然科學
小叢書
原形質之物理化學一冊

每冊實價國幣伍角伍分

外埠酌加運費匯費

版權所
翻印必究

原著者 山羽儀 兵

譯述者 舒貽 上

主編者 周王昌雲 壽

長沙南正路

發行人 王雲 五

印刷所 商務印書館

各埠

發行所 商務印書館

(本書校對者李家超)

* G 九一七

目次

(以氫離子問題爲主)

(1) 原形質之化學成分	一
(2) 水溶液中氫離子濃度之測定	一〇
(A) 電位測定法	一五
(B) 色析測定法	二五
(3) 細胞內氫離子濃度之測定	三三
(4) 細胞內之氫離子濃度	四〇
(5) 兩性物(蛋白質)等電位點之概念	八七
(6) 原形質等電位點之概念	九七
(7) 原形質等電位點之測定	一〇七

(8) 結論

一三三

參考書目

一三九

原形質之物理化學

一 原形質之化學成分

賴恩克羅
得瓦

原形質大都爲何種化學成分之物，則確切情形固猶未悉，然苟依據嘗就若干特殊材料施行化學分析之結果，則大體可得述之如次也。例如粘菌（＝變形菌 *Myxomycetes*）之原形質，據賴恩克（Reinke）及羅得瓦（Rodewald, 1881）云，水分得 72%，乾燥物質中（除 27% 之碳酸鈣）蛋白質約 55%，油狀物（Lipoide）15%，至若蛋白質，則含磷蛋白質化合物（Phosphaproteide，此乃由 Plastin 與微量之核質 Nuklein 而成）40%，真正蛋白質（echte Proteine）與酵素（Enzyme，以胃液素 Pepsin 爲主）15% 云。Plastin 一物，據賴恩克云，乃重要原形質之基礎物質，而遇稀薄之酸及鹼不起分解者也。至列別許金（Lepeschkin, 1923）分析同項材料之結果，則含水量爲 82.6%，乾燥物

列別許金

吉瑟勒

粘葡萄糖
烷

浮列·弗
列米
安德孫與
克爾普

質中，59.3% 乃原形質之基礎物質，顧其餘 40.7% 則液胞內之含有物也。此基礎物質，乃由蛋白質 37% 油狀物 7—14% 而成。至若賴恩克之 Plastin 則係核蛋白化合物 (Nukleoproteide) 與油脂蛋白化合物之混合云。吉瑟勒 (Kiesel, 1925, 1927) 就別一粘菌類二種，分析之結果，則又發見蛋白質約佔 30% 油狀物約 24% 含水碳約 25% 之比率。至若賴恩克之 Plastin 卻係動物蛋白質之類似消化蛋白化合物 (Albumoide) 者，與一種多醣化合物 (Polysaccharide, 烴化物) 之名為粘葡萄糖烷 (Myxoglucosan) 者之混合，故此非若賴恩克之見解為原形質之成分，毋寧認為在原形質內，乃可造孢子囊骨格之物質（即原形質之形成物）云。就其餘之材料而論，例如環蟲之一種 (Sabellaria alveolata) 則浮列·弗列米 (Faure-Fremiet, 1921) 云含有水 70% 蛋白質 19.08% 油狀物 6.8% 等。至於玉蜀黍之花粉，則安德孫與克爾普 (Anderson and Kulp, 1922) 云，乾燥物質中含有蛋白質 27% 含水碳 30% 油狀物 1.48% 等。

就以上所述原形質化學分析之結果觀之，原形質乃決非單一化合物，視材料種類，固

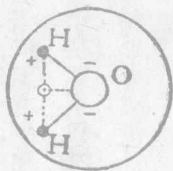
不得謂爲始終同一，然屬種種化合物之混合，而其中水則佔去全體半分以上，至於乾燥物質中，則第一當推蛋白質，其次即油狀物與含水碳必爲所含。是外，分量雖小，顧鹽類必常存在，此事誠有重大之意義存焉。唯茲所當注意者，須知此等物質，非可謂爲原形質之全部成分者，故有對於作原形質主要成分以外之原形質，保持種種關係之物質，同時存在。假使原形質爲純粹狀態，而欲從以辨其成分，容或爲不可能之業，亦未可知也。何以言之？原形質初非一定不變之化合物，乃時時刻刻隨其生活作用，而於內部，常有物質及能量之變化發生不已故也。不寧唯是，所以構成上述原形質之種種化合物，若在原形質中，決非單只恆相混合，蓋於某種特殊構造之下，成一種之分散系 (dispersed system) 考。竊思或成複合膠體 (Colloid Complex)，例如彭金堡杜容 (Bungenberg de Jong, 1932) 所謂 Kozer-vatsystem 之類歟？

水乃原形質依作基礎之重要成分，卻無疑義，竊思恐係原形質賴以作成主要分散媒質（溶媒）者。故當研討原形質之物理化學時，則首先非粗知水之物理化學，不爲功也。水

雙雙極子

(H_2O) 乃由氧一原子與氫二原子而成，此固人人得而知之者，至其分子之構造，則如第一圖之所示，即水之分子則有極性(Polarität)，抑即雙極子(Dipol)或雙雙極子(Quadrupol)是已。詳言以明之，乃具有陰(-)與陽(+)兩極，若在水中，則此恆於異名之極間，互相吸引，如有他離子存在，則因其電荷之故，聚集於其表面，促起所謂加水現象。

若在電場內，則雙極子(Dipol)乃排列宛若磁氣分子然。至若水之通感係數(Dielektrizitätsconstante)所爲大者，乃緣於此水之分子之有極性。不寧唯是，水之中有別種有極性之分子存在(溶解)時，其通感係數所以變大者，亦同是理。因此之故，就水而論，則其分子



第一圖

(H_2O) 通常並非單獨存在寧爲(H_2O)_n分子集合(Mizellen)之狀態，因而設想水乃一種膠質溶液可也。水之通感係數殊大(81.7)，此與水溶解他物質之力量，以及電解質在水中之離解(Dissoziation)大二事，有所關聯，而考究原形質之性質時，此亦重要之事項也。水則其餘之物理係數(例如比熱，表面張力等)亦皆極大，是亦不可不察焉。

水乃電解質之一種，而其離解異常之小（於 25°C . 而離解係數 $K_w = 1.1 \times 10^{-14}$ ），但有 H^+ 及 OH^- 離子。然試以其餘大多數之電解質溶解之於水中，殆完全離解為離子。由水之此種性質，而有次述之重要事實生焉。

(1) 在水中不放出 H^+ 及 OH^- 離子之強電解質，例如 KCl 一經溶解，則溶液中 H^+ 及 OH^- 離子之分量，若與其餘離子（即 K^+ 及 Cl^- 離子）之分量相比，乃異常之小。故如斯之溶液所具種種性質，例如導電率，結冰點之降低，但憑方在溶解之電解質（就此種事例而論，即僅憑 KCl 所生離子之作用），即能為之說明。質言之，即水之離解，卻不因強電解質而受影響云爾。

(2) 然若有在水中放出 H^+ 或 OH^- 離子之電解質存在時，則水之離解狀態，乃與純粹之水內全然異趣者。良以此電解質，乃稱為所謂酸（放出 H^+ 離子者）或鹼（放出 OH^- 離子者）之物，故所以造水之離子 H^+ 及 OH^- 皆恆具強大之結合力（Affinität, assoziationstendenz）者也。設以 $[\text{H}^+]$ 及 $[\text{OH}^-]$ 分別表示純粹水中所存在之 H^+ 及

OH^- 兩離子之濃度，又將不離解之水分子之濃度作 $[\text{H}_2\text{O}]$ ，則

$$\frac{[\text{H}^+] \times [\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]} = K_w$$

此項恆數 K_w ，謂之水之離解係數。即 22°C ，約 10^{-14} 也。詳言以明之，純粹水中 H^+

及 OH^- 兩離子之濃度，乃 10^{-7} 公分離子（每一公升），假設一公分分子之物質，有

6.2×10^{23} 之分子（羅許密 Loschmidt 之數）時，純粹之水一公分中，則 6.2×10^{16}

即一立方公釐中，應有 6.2×10^{10} 之 H^+ 及 OH^- 離子存在矣。至一公升之水，乃 $1000/18 = 55.56$ 公分分子之水，即有 344×10^{23} 之分子，故五億五千五百萬之水分子中，僅有一個離解者，即其比例也。

恆為原形質中所含之水，乃以種種形式而存在者。例如與他物質化合（Konstitu-

tionsswasser），溶解他物質（Lösungswasser），又如為膨潤膠質（Quellungswasser），或

為促起離子之加水現象（Hydrationswasser）等是也。

至若原形質中所存在之微量鹽類及其他無機電解質，乃於原形質之物理化學之性質上，具有重大意義者，茲請述之如次：

阿斯特瓦
優膠質

原形質之乾燥物質，位居首要者，厥爲蛋白質，此爲考察原形質之物理化學性質計，誠最重要之物也。實際原形質之種種性質，尤其對於離子之性質，乃往往得以歸着於蛋白質其物之性質，而此種事實且異常之多。以言蛋白質，則屬於阿斯特瓦 (Ostwald) 所謂優膠質 (Eukolloide)，即以普通狀態而成膠質之物，抑即堪爲表率之友水性膠質 (Hydrophile Kolloide, Solvatokratoide) 兼屬電解膠質 (kolloides Elektrolyt) 者也。良以蛋白質乃氨基酸 (有 NH_2 與 COOH 兩原子團之兩性物 (Ampholyt)) 之結合，故溶解於水中時，則其分子或分子集合之外，一部乃離解爲 R_1^- 與 H^+ ，另一部卻離解爲 R_2^+ 與 OH^- 一類之離子。至此兩種蛋白離子 R_1^- 及 R_2^+ 之分量，則由溶液中之 H^+ 離子濃度而定。是外以言最近之學說，則蛋白溶液中，其分子之至少某一部分，必生如 $+\text{R}-$ 之兩性離子 (Zwitterion, Amphion) 云。此兩性離子，若在電則爲中性。

因而得知，蛋白質者，有極性之化合物也。

次於蛋白質而爲原形質之重要成分者，乃油狀物，此於化學上，固含種種物質（油脂，高級醇，磷酸胺等）；然無一不爲難溶於水，能溶於醇、醚等類有機溶媒，而又多可縮小水之表面張力之物質，因而又係易被吸着，易自氧化之物質，故憑蛋白質之物理化學性質，所不能說明之原形質性質，例如滲透性（Permeabilität），對熱之銳敏性，氧化作用，皆可歸着於油狀物之性質也。油狀物則於水中表現乳膠狀態（Emulsion），或友水性膠質與避水性膠質二者間之性質者居多，然若蛋白質存在時，卻因其保護作用，而成安定。不寧唯是，油狀物因其具有易被吸着之性質，故於原形質之表面（因而所謂原形質膜）或界面，必有多量存在，可想而知，抑即對於原形質具有一種保護作用也，明矣。例如原形質所以難受蛋白質分解酵素之作用者，則油狀物之功也。

最後請就細胞核之化學成分，約略言之。夫核乃具有與其餘原形質部分相異之化學成分，至其主要成分，則爲核酸（Nukleinsäure），例如苟依動物精蟲之分析，則核酸乃往

往佔有 60% 以上，顧其餘之 40%，容或即與核酸恆爲化合結合之鹼性蛋白質（例 Protamin, Histon）歟。核酸乃磷酸含水碳及含氮有機鹼（Purinbasen, Pyrimidinbasen）之化合物，以言含水碳之種類，原有胸腺核酸（Phymonukleinsäure，含己糖 Hexose）與酵母核酸（Hefenukleinsäure，含戊糖 Pentose）之別，顧核酸之作核之成分者，據吉瑟勒（Kiesel, 1930）之說，毋寧偏於胸腺核酸方面云。關於核中無機鹽類之存否，則猶有討論之餘地在焉。

二 水溶液中氫離子濃度之測定

帥連生

大凡表示離子之濃度，則以溶液一公升中之公分離子爲之。例如氫離子濃度 (C_H) 0.1 即 10^{-1} 云者，乃溶液一公升中有氫離子 0.1 公分離子之濃度，而 $-\log C_H$ 則此時爲 $-\log 10^{-1}$ 即 1 以 pH (ph) 表之 (帥連生 Sørensen 1909 之說) 至若溶液之酸度或鹼度，則能以 C_H 或 pH 之值表之。以言 C_H 之數值，則通常爲小於 1 之值之分數或小數，例如 $C_H = 0.0001 = \frac{1}{10000} = 10^{-4}$ 固也，顧 pH 值卻爲 4，因而試用 pH 時，數值即可化爲簡單。不寧唯是，當測定氫離子濃度時，吾人乃直接求得 pH 之數值者，至 C_H 卻非由是——計算不可。是外若用 pH 以代 C_H 時，如將 pH 與其餘性質之關係，以曲線表示，尙有種種利益。何則，該曲線乃成爲簡單之對稱性者居多故也。唯其有此種種之理由，故大都含 C_H 而以 pH 表氫離子濃度焉。然 pH 乃氫離子濃度數值之對數，故遇有互相比較其數值之情形時，卻難立即得知其大小之關係。即在用曲線表示時，亦莫不然，蓋

有與其用 pH 表示，不若用 C_H 表示，實際更能合理之情形故也。然如上所述， C_H 之數值，往往爲非常複雜之數，故爲表示氫離子濃度計，宜以純粹水中之 H^+ 離子濃度即 10^{-7} 作爲單位(0)，如屬酸性，則以 10^{-7} 除 C_H 所得之商爲之，至於鹼性，則用以 10^{-7} 除 C_{OH} 所得之商爲宜。若憑此種表示方法，則其所得，例如次表（據惠爾利 Wherry 1928 之測算）

pH	酸性度	pH	鹼性度
7.0	0.0	7.0	0.0
6.8	1.0	7.2	1.0
6.5	3.0	7.7	5.0
6.0	10.0	8.0	10.0
5.5	31.5	8.4	25.0
5.0	100.0	9.0	100.0