

萬 有 文 庫

第二集七百種

王雲五主編

生 體 化 學

(上)

杜克勞著

高銛譯

商務印書館發行



學生體化學

(上)

著勞克杜

譯 銛 高

書叢小學科然自

原序

研究有生命物質之化學，其唯一之科學方法，乃敘述於「未知」之標題之下；故其成果當在二十年或五十年之後，或不能不讓諸此書之再版矣。斯語也，或失於浮誇，有故甚其詞之嫌；然而對於此種問題，固無人能以今日之知識作更進一步之正確說明者也。以此，本篇諸章謂為解決問題，毋寧謂之為提出問題。

有生命物質之化學，並無任何之哲學企圖。吾人研究此項知識之動機，實與哲學絕不相關。所據之資料，唯採諸實驗室；實驗之所不能認其成立者，皆擯棄之；實驗之所缺者，寧守沈默；進亦不過啓示一二類推，以冀將來或可明瞭，且不欲提出知識之完全體系，蓋與哲學固有異也。在研究之途上，遇有罅隙，不事迴避，此種罅隙之數無限，故路徑恆被截而成斷片。若以每一斷片為主題而深求之，則其斷片更當細分，而一一研求之。

本篇之敘述，則不取此道；唯沿途採選可以展望之地點，在同一地平線之所包圍者，皆作爲一羣，或張或弛，範諸一章。世或有以數章之論議不相連絡爲譏者，余唯有以余生過早，讀者之降世亦過早答之耳。

譯者序

自生物學以研究生物者，究其形態、生態以及分布；既廣證於現存生物，更搜及於古代化石；歸納所得，乃有進化論。故進化論所述者，乃物種之起源也。雖然，物種之成，基乎個體；個體之起原不明，解決乃僅止於表面。譬諸樓屋，只見其戶牖各殊而已，屋內之構造未明也。

自細胞學以研究生物者，究其組織構造以及發生；既廣證於高等動物，復追溯於原生菌類，歸納所得，乃有胎生學。胎生學所論，乃個體之起源也。雖然，細胞之成，必有資料；資料之種類不明，解決仍非根本。譬諸樓屋，只見其室廊之區分而已，所以建築此室廊者，未明也。

從來之研究生物，均僅止於此耳。欲得徹底之解決，終不可期。吾人苟欲作更進一步之追究，乃必藉化學。化學者，究其建築之資料，或者為磚，或者為鐵，或者為木；何以為用，何以取材者也。化學之肇始，本在鍊金術。最初所資為研究者，不過天產之簡單化合物；及後由簡入繁，乃及於生物。於是生

命力與非生命力之爭，有機與無機之別，紛然並現。今雖歸於一，其未能全解仍如故。欲以今日之有機化學解決生物，仍屬不能。蓋組成生物體之根本物質，多數乃不能以通常化學方法處理之，研究實無從着手。輒近膠質化學興，方有端倪。然而為日既淺，所得亦鮮；以言生物之所以為生物，今日尤在吾人之知識界外；啞謎之猜出謎底，尙有待也。

吾人類為生物中之最複雜者也。生物之所以為生物未明，亦即人體之所以為人體者未明。近世之解剖學治療學所及者甚淺，決無根本之解決及救治法。譬諸胃疾，或為酸多，只知其酸多，而不明其胃壁泌酸過多之由；或為酸少，只知其酸少，而不明其胃壁泌酸過少之由。多者中和以鹼，少者加之以酸，此種治療，不過補苴而已，曾無法以糾正胃壁之失常。其他若疾病之起於菌類寄生者，多只能檢知菌類之存在，作殺菌抗毒之治療，而不能使人體組成之原料不受侵蝕。有如肺疾，或者與結核病者共起居而不染，或者僅由空氣中之偶存而罹疾；歧異至此，組成之原料上必有其癥瘕所在；然此非今日之醫學所能解決者也。

作根本上之大解決者，必在化學，必在生物化學。惟在今日以言此，不過有殘片可述；法人巴斯

德研究所研究主任甲克杜克勞 Jacques Duclaux 氏者對此問題頗多研究；此篇所述頗能提綱挈領以處理此殘片；爰遂譯以餉國人。

目次

第一章	化學之諸定律	一
第二章	化學的合成	一七
第三章	對稱之觀念	四一
第四章	葉綠素之作用	五一
第五章	酵素	七一
第六章	酒精發酵	九五
第七章	有機構體	一一一
第八章	生物體中之合成(一)接觸作用	一三五
第九章	生物體中之合成(二)化學平衡	一五三

第十章	化學的極微量·····	一六九
第十一章	生與死之化學的特性·····	一九一
附錄	一 關於酵素作用之各學說·····	二一一
	二 反電荷膠粒與超顯微鏡·····	二二〇
	三 有機構體之研究·····	二二四

生體化學

第一章 化學之諸定律

自一般見地，論及化學者，恆有套語曰：「化學之諸定律」。苟其著作，非出於專攻化學者，則此語尤多引用。欲求其例，不必旁徵，即在吾人將論及之問題中，已可見其辭矣。例如：「生物體內各器官之所起現象，得歸依化學諸定律者，爲十九世紀各學者之至大功績」。斯語也，卽其辭之一也。既有此語矣，吾人在研究現象之前，一究此定律之果具何功，當甚重要。

就余所知，所謂諸定律，化學家固不知所指，縱爲傑出之化學家，舍參攷化學入門之初步書籍，曾列舉所謂定律者以外，亦多不能羅列之也。換言之，化學家之目中，乃不有此所謂定律。在其研究中遭遇難題，決不藉定律之助，以資說明，以作預想，蓋在其研究之行程中，固不提及此所謂諸定律。

也。然則所謂諸定律之語，非奇異之語乎？

欲知此語之非當，不妨與物理學上之諸定律作一比較，即易明瞭。物理學在科學上，固視爲與化學並立，比較有所得，當可以解此。試取最著名之笛卡兒（Descartes）定律爲例，作一比較。此定律者，綜括事實最廣者也。其律曰：

$$\sin i = n \sin r$$

此定律所示者爲光線通過屈折界面後之方向，總括之廣，及於幾何學。知此定律後，則光線之進路，通過任意形狀之界面，及任意個數之界面者，皆得決定。於是透鏡、眼鏡、顯微鏡之理論，皆得完全建設。對於一定構造之機械，得完全正確預想其作用；反之，預立一某種結果，得決定其構造，以副此望。果不知此定律，則非僅此不能，即極簡單之屈折問題，亦不可解矣。

更舉一物理學上普遍性極大之歐姆（Ohm）定律爲例，其律曰：

$$E = IR$$

關於通常電流之分布問題，皆由此定律解決。與焦耳（Joule）定律及諾伊曼（Neumann）定

律結合，即極複雜之感應，亦迎刃而解，而初淺問題之解決，亦有待於此。在化學上，果有一定律如笛卡兒、歐姆、焦耳、諾伊曼等諸定律，具有則解決一切，無則一切解決皆不可得之性質者乎？

在初步之化學書上，所謂化學之第一律者，即質量不變定律（註一）是也。其律曰：『在密閉之空間內所行之反應，對此空間全體之總重量不變。』此律固極確實，而其長所尤在可以實驗證明。與唯一證明之蘭托爾（Lavoisier）（註二）實驗，若合符節。果自化學研究之見地立言，則原定律亦得視作：

化合物之重量，等於各成分重量之總和。

其含義與前式相等，而在應用上，便利尤勝於前。余收以下述理由，斷此形式，更爲實用的形式，而申其說。蘭托爾之實驗，乃以反應物質（例如鐵與硫酸銅）共入於密閉器中，使起反應，在此反應前後，權其重量，以察其全量之有否變化者也。證明第一陳述之適當實驗，唯此種類而已。且也，在此密閉器中，無論其反應若何複雜，內容物之質量如何，器之質量如何，不必加以注意。蓋其目的僅在求一種證明爲他方法所不得者耳，故製出之物質，重量如何，乃無關係。由第二陳述，則適合之質

驗甚多，然爲式則一，卽化學分析之實驗也，亦稱差量分析 (les analyses par différences)。

化學諸問題中，決定物質組織，乃爲常遇問題之一。欲知物質由若干元素組成，則明其組成元素之性質，及其組成比已足矣。然求此組成比，由化學之定量方法，往往有各種元素皆可決定，而餘其一，無方法以測定者。斯時，乃將各元素之重量相加，而自其全重量減之，所得之差，卽爲所求。此不能以直接方法測定之元素重量。差量分析，固常用於原子量之決定，而其最大用途則在有機化學上之測定。蓋碳、氫、氧之化合物中，氧之直接測定，甚爲困難，故碳、氫測定以後，所未測之氧，卽由其所減之差計算而決定之。此方法實質量不變定律之第二敘述之直接應用也。

故此定律在化學研究上，極爲重要，不可忽視。然而更進一問，此所謂定律者，果爲化學定律之一乎？決非然也。何以故？化學者非研究一切物質通性者也，物質不變，實物質通性之一。有如就數學定律言，數學上之所謂定律者，必就數學的兩性質之關係而言，就物理學上定律言，物理學上之所謂定律者，必就物理的兩性之關係而言（例如前述之笛卡兒定律，乃就光線之性質及透明煤質

律，乃非就化學的兩性質之關係而言，事實上，乃純粹物理學上之定律，特適用於化學上之某一種研究而已。

更立一比較，則余之所欲言者，更易了解。夫「三角形之內角和等於二直角」，為幾何學上之定理，非天文學或測量學之定律，此已為人所共知。然天文學及測量學上則用以測定不能接近之測之一角，即自二直角減去所測得之二角和，其差即為此不能實測之一角。故此定理，適用於天文學及測量學上，固甚重要，然決無人因此適用，而名之曰天文學或測量學之定律。化學上之差量分析，其手段方法，正與此相同，其不為化學上之定律，不待辭費而明矣。三角形之內角和等於二直角之定理，其所以適用於天文學及測量學，在於其普遍性超於天文學及測量學之上；質量不變定律，在化學關係，與此相同，普遍性超於化學之上，包括一切自然現象。例如航空者欲求上昇，乘其沙囊，是即此定律之應用也。

化學上，除上述者外，尚有一一般的定律，即道爾頓 (Dalton) 之定比定律及利希忒 (Rich-ton) 之倍比定律是也。由此二定律，始能將原子量分配於元素。各元素各有相當之一定數，例如氫

爲一，氧爲十六，硫爲三十二等。在一切化合物中，各元素之存在重量，互爲此數之整數倍。例如在水中，氫爲二，氧爲十六；硫酸中硫爲三十二，氧爲六十四，氫爲二。一切化合物，能得其純粹狀態者，皆合此兩定律。

更細求之，上舉之二定律，果爲定律乎？於此，第一吾人須注意而不可忽者，卽其含有多量之假說的性質。質量不變定律，其精確之度，達於百萬分之一，而在此兩律，其能證及千分之一者，殆不能。欲檢證此兩律，固須精密之重量測定，然事實上，至爲困難，因不可避免之差誤，致所得結果恆不爲整數倍。例如水 H_2O 對氫之二，氧爲十六；則在過氧化氫 H_2O_2 對氫之二，氧當爲三十二；而實驗上，或爲三一·九，或爲三二·一，不能適得三十二。在此二數之間，理論上不能證明其決不爲何數，而必爲某數；故實驗之所示，不過此數近似於十六之二倍而已。更在其他之各種化合物中，屢得此相似之一致，卽視其結果非爲偶然，從而嚴密承認其數而已。此猶如資格試驗 (le baccalauréat) 之受考者，在計算之終，不能得整數之結果者，視爲過失；改正其爲非此不可之數。兩定律之所用方法，正如是也。

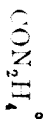
受考者所用之方法固不能使吾人滿意；此兩定律所用者，與此相同，亦非可滿意者也。其所以成立者，正如云因無若何之反對理由，故其關係爲簡單而已。此反對之理由，何時出現，不可預測；苟一旦出現，則所謂比例定律者，卽失其近似；兩定律之命運，蓋與不可分原子說共存亡者也。兩定律之生，出於原子假說，然原子構造今日已易其觀念，不爲簡單之個體，而爲一複雜之體系。夫既如是，則對於兩定律不能不加以懷疑的考察者，固吾人當有之態度也。

在此兩律，吾人尤可異者，卽此比例定律實驗只證其爲近似，決未嘗證其爲嚴密適合。近似的定律，在理決不有綜合概括之功；參諸事實，則又不然；關於物質組成之研究，得益於兩律者甚大，日非此不能解決。其成立之道，正以其能補吾人既往分析方法之不備，而將來亦必具此功。此固假說，終因此假設而存在。今試以尿素之組成決定爲例以示之：無論用若何正確方法，無論爲如何熟練之實驗者，決不能得簡單之數字。由其計算之結果，必得奇零之數。設其所得者爲：



吾人對此指數，或依據假定，或先決的認其當爲整數，卽不用躊躇，以其差誤歸諸分析之差誤，而直

書其式爲：



此整數之假定，似乎利益甚少；但實際上，則功效奇偉。夫化學的研究，多數皆以研究化合物間之關係爲目的；設此分析之所得數字，不由一種理論加以修整，則其關係恆爲誤差所蔽，隱而不明。例如乙烯與醇，設直依分析結果所得，不加修整，書其化學式爲 C_2H_4 及 $\text{C}_{10}\text{H}_{19}\text{O}$ 。誰復能由此二式，察知乙烯加水，足以合成爲醇（柏特羅（Berthelot）氏合成法）？反是，若加以修整，書其式爲 C_2H_4 及 $\text{C}_5\text{H}_9\text{O}$ ，則前式加 H_2O 即得後（註三）式；一目而加水之觀念即浮。此僅一例耳，類此者正不知其數；僅由此一例，已足知此比例定律，雖爲任意假定，雖爲不能證實之假設；而在修整實驗誤差上，其效甚偉。揆諸真理，修整實驗得數以附依理論數之方法，似近欺罔；然此欺罔，在現在固然，在將來實不能不承認其存在；蓋非此無以竟其功。果執一不變，視爲欺罔，而不敢加以修整者，有機化學亦無存立之餘地矣。

以上所述，皆此定律之豐功；反顧余之開章陳義，謂化學者正不知化學上有所謂定律，心目中

絕不有定律之存在，未免矛盾過甚。其實此乃外觀上之矛盾耳。一般定律所遭遇者，在化學上之最初第一定律，亦必遭遇無疑。所謂遭遇者何？即基本定律常入於套語，無復有人對其真實與否再作躊躇疑慮，茲更舉算術之基本定律一例以明之：

$$ab = ba$$

其意爲二項之積或和，與其排列順序無關。在一切計算上，皆爲必要之一定律；而其存在則變爲無意識的存在，無復有人再作躊躇思考。果將此定律脫出科學之實用範圍，而移入於哲學領域；即變爲無用之長物，易言之，即不能再顯現若何之進步。定律而移入此種範圍，即此一問題已完全解決；再不進以求其他問題之解決，更進而引證之必要，亦完全喪失。

化學者對化學上之所謂定律，正如數學者對其算術上之定律；當其行差量分析時，不過由一種反射作用，應用質量不變之定律；或在研究未知物質時，對其實驗加以修整，亦只本能的用此比例定律而已。正如帳單之抹去尾數。而此兩定律所解決者，亦只物質間組成關係之一問題而已。由其解決已達完成之境，（註四）邇來對此問題，已不復有人再欲議論；即其首經議論之時代回憶，亦

不在意中矣。在化學發展之初期，即有此比例之觀念，實爲至貴之收穫。其價值正如化學元素之觀念，此種觀念吾人在今日已認爲日常之普通事項，然化學之先驅者，實經長久之努力始得收穫者也。是則此諸律可以擯棄乎？決不然也。由多數理由證其有用，其中二三，余且述之於前矣。特在今日，此諸律者能如余所謂物理學定律者，於解決問題時作研究上必要之工具乎？鑑諸化學研究之傾向，在此諸定律設定以後，已多所變遷，且早知其不然矣。

時至今日，吾人之所求知者，決不只在物質之元素及其組成，而在更進一步之各種關係，一種物質如何變化而成他物質；自他種物質如何製成此種物質；反應之趨向，何以捨彼而就此；皆在求知之列。而以吾人已有之定律檢證之，則物質變化無論其何式何趨，皆可證合；易言之，即對此等問題已不能作一決定之確答。蓋諸律之所示，過於一般，對於特殊問題，已不能作解決之指示；正如同量之投影定理，過於一般，不足以示各種條件下之極之行動。

此諸律者，只就原子之一切性質中之重量着想；易言之，原子之存在如何在所不問，惟示重量恆爲一定而已。結局只由其組成元素之數及性質，導出其化合物之重量而已。自此化合物所受物

質變化之見地立言，重量實非重大之要素；導其一切者，實化學親和力也。吾人經一世紀有餘探求而未得者，亦係此親和力之定律也。

試舉一化合物：例如二硫化碳之性質，只係於三個因子者甚明。所謂三因子者，即硫之性質、碳之性質及硫碳間之比例。科學果已大成，定律果已具備者，則由元素之性質及其比例，當可以導出化合物之一切性質。果其如此，則化學諸書，當不致僅如辭書，羅列物質之性質，一若其任意無可規範者然。於是進而爲一系統之理論書，將物性之恆數表附於卷末。此種時代，或有實現之希望。果爾實現，則反應之混合物中之一原子可以窮跡，正如光學系中光線之進行跡或複雜體系中電荷之進行跡可以窮跡矣。於是吾人可先決的知反應生成物中各元素之位置，易言之，即可以先決的規定化合物之一切性狀及其組成。所謂預言者，即表示某定律之若干公式之應用耳。

然在實際上，吾人今日之所有者，乃無一例可與上合。皆不過約略的指示且漠然不着邊際，不能具嚴密之形式。果強而行之，縱令或可具，然勢之所至，則非附一冗長之例外表不可；由易燃元素所合成之硫化碳，仍爲易燃。各元素之對氧親和力，在其所組成之化合物中，仍表現其對氧之親和

力。擴以視碳化氫、磷化氫、矽化氫等亦然。氟對氫、矽、磷之親和力，在其與非金屬元素之化合物中亦復存在。若斯者，列舉其二三關係，似非困難；然而加以檢證，其不足以符合者，其數甚大，其程度之高，決不可以摺作例外（註五）而輕視之。故在今日，殊不能自此導出一定律，以示其關係。而其關係只可任其存於漠然不明之形式中。

由生成化合物之溶解性或其揮發性所立反應可能性之規則，名之曰親和力之定律。柏托雷（Berthollet）氏定律。此定律者，果足以爲定律乎？縱有一二若甚正確，而其不足以符合者其數甚大。或將此定律作爲熱化學之法則，然亦並不確當。蓋此定律之不充分之點，固已爲大衆所公認矣。

加之柏托雷氏之法則或熱化學之法則，縱令能一般通用，亦不過解決問題之一部分耳。蓋其定律以反應之可能性及其方向只關於終局生成物之性質，故適用之範圍乃只限於已經研究之物質。在氫化鈣不能生成之情況下，而有氟化鈣之生成；蓋前者爲極溶解之水性，後者乃爲不溶性之故。於此吾人果欲適用柏托雷氏法則，則氫化鈣之不溶性不可不先知，因此吾人非經製出此

物不可。蓋鹽類之可溶性與不溶性，不能自其成分之性質而預言，吾人尙不知作此預言之定律也。若既經製出，即在吾人既達研究之目的以後，求製成之例，是否合於定律，雖證其一致，已非重大問題矣。不寧唯是，余尤不解者，氯與氟爲酷似之元素，何以生成之氯化鈣與氟化鈣，一則易溶，一則不溶；同時在銀鹽則又相反：氯化銀不溶，氟化銀則易溶；此皆吾人亟欲求知者也。與此相同，在熱化學上，亦可作同一之批評：鋁之碘化物氧化之反應



爲強發熱反應，而爲可燃性；在鉛或汞之碘化物，其相當反應乃爲吸熱反應，故爲不可燃性；余固可得而知之，然而欲知此生成熱，必在碘化物製出以後，且專恃實驗，而不由測算。果余預知氧與鋁化合之際，碘所生之熱多於鉛或汞之碘化物時，則實驗及計算皆可免矣。

換言之，現在所知之定律及法則，皆非研究之工具，只可爲分類之用；集多數類似之現象於一系耳。由此現象，導出其共通之要素及一般條件而已。此種導出所得之法則，對於同一化合物之各方面性質間，不能立一定之關係，故不能依此法則，而作預言的斷定。事實上各性質間，決非無關係。

特無由以簡略方法示之耳。

回顧有生之物質，余在篇首，即已陳明多數人謂其變化歸依化學定律者，至此吾人可知其全為不適合之辭矣。有如吾人之目，果能證明與攝影機之對物透鏡相同。即其作用等於一片透鏡，則視覺現象，即可歸依物理學定律。易言之，實驗室中之關係

$$\sin \varphi = n \sin \rho$$

亦正確的存於生物體中。但在化學上決無一定律可與此匹敵者。

反觀質量不變定律及比例諸定律則何如？在往昔之化學書上對此等問題極少關心。任意之化合物得自生物者，全不考及是否能等於諸元素重量之和；元素在生物體中，其原子量是否仍如在無機化合物中；決定生物體中之元素原子量，是否當用別法；曾無人對此等問題作疑念。（註六）殆至上列諸定律發見以後，只消極的引用而已。其對於反應各定律及親和力各定律則何如？實驗室中所行之反應，能適合者是否亦適合於生物體中之反應，當加確證；擴諸一般，吾人當知之定律，多數仍不為吾人所知。

試驗管中之現象，其中少數亦曾以同一狀況之下見於生物體中。例如草酸加石灰則生成草酸鈣，見於試驗管中者，亦生於生物體中。然此所謂同一狀況，所得以實現者，極爲稀少；此種一致，得以觀察者，竟可視爲例外之事實。若據此卽以謂生命之神祕已宣者，誇大之辭耳。

余將於下列諸章（雖不完全而爲斷片的）對數種生物機能，加以檢討，自化學見地以觀察之。現代自然科學之傾向，生物之機能不認其能在吾人支配下之同一反應而加以說明，科學勃興以後之傾向，亦復如此。故以下諸章，皆本此精神述之。然而在今日，化學之屬此方面者進步極少，生物體及無機物反應間，不能檢證其爲同一；乃不能不止於類推，用吾人手製之生成物，得以模擬細胞中檢證所得之化學變化時，吾人卽本以爲同一之說明，可適用於兩者；而認自然現象得歸依於人爲模型。此所言者，殆卽主張有機界歸依無機界者，人人所欲言者也。作此種主張者，不過由類推法視爲同一耳；所言者誇張之辭耳；其意以爲吾人研究自然得任意與其現象，生命現象亦復如此。以故，常以不可解事認爲未解之事，而其爲言則過與不及。何所謂過，其過者以爲吾人今日之化學進步已臻其極，化學之機作已無復不明之神祕存在；未解者亦得漸次說明。其不及者，則以爲

吾人所用之類推，全無定律足以賦與嚴密之形式，故依然不明，結局無所可示。在本篇之主題下，果作科學的敘述則無一言可述，故着手之際，不得不有言以辯明之。

(註一)精確言之，質量不變之定律也。余不信質量不變，能正確證明，唯重量則用阿特伍德(Atwood)氏機或可以測得。

(註二)所達之精密度約為百萬分之一。

(註三)由分子量之考察，亦可得同一結果。

(註四)至少限度，在無正式懷疑之餘地時。凡此諸定律，一旦發見其不正確時，即再轉為議論之的。

(註五)例如碘化銅，自可分解為碘與碘化亞銅，碘為氧化劑而亞銅則為還元劑。故此分解無由說明(氮之氮化物生成不安定之化合物，亦不可以解)。吾入所不可解者甚多：金能耐加熱之濃酸或濃鹼，何以溶於精化鉀之冷稀溶液；硫化氫之揮發何以甚於水；氫與砷作用於鉀即發白熱而化合，何以其化合物則與鉀不起作用；凡此皆不可解者也。

(註六)化學成為自然科學之一部分以來，由俄斯特發爾德(Ostwald)氏(Die Energie 三十五頁)之所述，牛頓(Newton)氏首欲證明擺之週期恆相同不論其製自生物或無生物者在化學上諸定律發見以前，可知更有一時期。

第二章 化學的合成

化學者所處理之生成物，可分爲二類：一類爲自然生成物，乃存於礦物及動植物器官內之各種化合物，曾見於自然者；一類爲人爲生成物，自其化學成分或自複雜原因構成之物質以人爲成之者；所謂合成物質是也。在現今，後者固多於前者；而在往昔則不然，自然生成物之組成，比較簡單；作用所生成者，亦易識別；其中礦物尤然，故初期之化學研究，皆偏向於此。

各種生成物中有數種者，具極強之親和力；一切物質殆無不受其作用而起顯著之變化，因而視作試藥。三種試藥，仍存於今日；例如強酸之鹽、硝、硫諸酸，及強鹼之苛性鈉、苛性鉀等，猶爲化學者試驗箱中不可或缺之試藥。溯自鍊金術之「哲理之石」時代以還，試驗箱中所列試藥，至今無多大變化。而在學說未成立，研究無所指導之時代，唯一方法，乃偶遇與記錄。所謂物質之研究，不過以物質與試藥相混，或更加熱，察其所起變化，考究之（註一）而已。在由生物體內所取出之有機物之

研究時，最初所得之結果，皆由此道。化學者以酸鹼、熱處理有機物，稍有成功後，即發覺此種比較的簡單物質，實異於無機物質。除少數之例外，性狀皆殊。至馬克(Macqner)氏用精細方法，詳列異同，始確立根基，將化學分爲二部。一爲無機化學，一爲有機化學。達十九世紀初葉，此區分乃爲舉世所承認矣。

當時，欲重視其區分之意義；化學之論證以外，更從而作哲學的論證。其義曰：有機物絕異於他物，由不可思議之生命所生果若是，吾人於此，有極大之疑問生焉：即化合物之取自生物物質者，與化合物之得自無機物質者之間，是否絕無一致之點？有機物之諸反應及諸變化，基因於生物體者，與無機質之變化及反應，性質是否絕然不同？進言之，生物物質間所起之變化及反應，果離生物，是否卽不能再現？對此問題，在近代以前，乃紛爭無定，莫衷一是；至於現在，已合爲一；卽二者之區分，不可復存。不謂有機無機，僅爲便利上之區分，不復有重大意義之存在。雖然，此種結論，對於第二疑問，僅以薄弱的實驗爲基礎。人爲製出之化合物，縱能證明與生物體所抽出之自然產物，實爲同一；但因以謂生物體中所起之一切反應，均得由實驗室中之器械模仿而得；則距事實相去遠矣。

吾人於此，欲解此兩問題，當以分別論列爲宜。何則？化學者中往往有對第一問題認兩種物質無差別；而對第二問題，卻不認反應同一。以故問題分爲兩重。此兩重答案，不唯合理，抑且使其心理更明也。加之一面肯定，一面否定，此問題固不必兩面相對。一般人對此二重答案，似少明確之理解；（註）吾人於此，更作一度之商榷，所得者當非無益。而對於以後之事實與觀念，當更確實且易理解。

一般通行諸說中，有不能不加以訂正者。茲舉數例，就吾所知，指摘一二如次：

化學者馬克，雖不會有偉大之發見；馳名當世；固亦化學界白眉之一者也。彼在一七〇〇年，於其所著化學詞典 (*Dictionnaire de Chimie*) 之自然三界 (*Règnes m.*) 中，曾有記述曰：

「物理學者、博物學者及化學者之大多數，將自然物質分爲三大部門：即礦物質、植物質及動物質。」又曰：

「但在此等物質間，雖有顯然不同之特質，然少數哲學者仍主張此種部類區分，不存於實際，只係理想的在而已。彼等更確言之：謂上自高等動物，下降及於粗雜之礦物，其移行間變化極微

會不足感知之；且在此變化間，毫無間隙，足以爲分類之界。又曰：

「此觀念實至偉大，其間絕無可疑之點。……然此問題之是非，對吾人之目的無甚關係。蓋吾人之欲所者，止於化學的觀念；不欲更於其上，再事深入；而其足以與吾人以知識者，僅恃經驗而已。一切生物（即真有生活之有機體；例如動植之具增殖機能者）。當其分解之際，必得可燃性物質、脂肪及油狀物質等。而在純無機物，則反是；決不能得此種物質，並其痕跡而不可求。」

此油素（*La principe huileux*）者，即在生命作用上之特異物質也。又曰：

「此造成動物油脂之植物油脂，實爲植物之生成物。故全植物界者，實自然一大工場也。以生命的有機作用，由吾人所不知之過程，以製造可燃物質（*La matière du feu*）之最初化合物者」（註三）

吾人對此，決不可因其文陳舊而加以忽視。而尤不可不知者，其所謂物質，在當時決不曾念及物質由元素構成。一七八九年，化學者皆以燃素（*La principe du feu*）付給於土（即金屬之氧化物）而造成燃素說對於全然相背馳之事實，而加以無差別之說明。（註四）馬克氏之所見，固未

可笑其愚，因當時固不知有機物煅燒所以生成油脂者，乃基因於其所含之碳（碳素化合物之大多數中煅燒時即生油質。）馬克氏實在不知不識中，已將有機化學之定義，定爲碳素化合物之化學矣（此定義實亦今日所用之定義也。）當時主張礦物界與動物界間非連瑣不斷（在吾人今日此觀念甚爲重要）者，大有其人，因爲馬克氏所知，而馬克氏以爲事實上無根本的論據，不藉生命之力決不能成油脂質（以現在意義言之即複雜之碳素化合物。）故馬克氏者，反對合成可能說者中之一人也。爲其立論之根基至爲薄弱，後此元素發見，對其所知事實，加以說明，對其所謂油素，加以真意義時，已不復有抗辯餘地。又馬克氏以後之生命力學派所持理由，已異其性質，非馬克氏所倡導者矣。

吾人當知其說較反對論者爲易成立，無機物與有機物間，已確認其實際上之差異（殊不知實非重要）反是在反對論者即動礦連瑣說派，對於生之現象，不過憑依當時幼稚之化學方法以作漠然無際之說明而已，日不免於錯誤。福克羅（Fouquieroy）氏（註五）於一八〇六年，曾有記述

曰：

『自生活之組織及生長之器官所取得之物質，人力不能合成；能合成之者，只此組織及器官本身而已。蓋人工無論用若何之機械，決不能仿效植物組織所成器官中之合成也。』

然而福克羅氏未嘗推及將來是否永遠如此。反是，對於植物機能曾作一論斷曰『不依化學定律，決不能解釋植物機能，故植物者，實一化學的機械（註六）』。此種論斷在今日猶有考慮餘地。而氏在一八〇六年，竟作此推論，實大膽之極。氏對於植物之機能知識既缺，而其對於化學定律之知識，亦甚有限；實無充分知識以論斷植物機能歸依化學定律者也。

較福克羅氏尤為大膽者，即有名之學者柏托雷（Barthollet）氏也。氏於其後三年，曾有記述曰：

『植物所生之生成物，實為吾人已知化學作用之同樣物質所構成。……植物間之生成變化，不外乎生化學效果之化學親和力及其變化。在此親和力及變化以外，正不必再作考念。……吾人已能製成草酸、蘋果酸、醋酸等植物性物質，且全似於自然生成者；即吾人實驗室所行之手段，初不異於自然，不過聚集各種條件，使各個物質所賦性質，得以相作用而已。自然者亦只藉此不變的性

質耳，他固無所藉力也。故吾人對於自然作特殊之見解者，易言之即以預期方法以觀察自然者，足以味真因；真因既味，乃代以空想的原因（註七）。

由上述，可知柏托雷氏竟似迷信家。蓋在當時，自張其說，足以舉以作證者為數實少；最強之確信，往往無證據可依，固人所熟知者也。然其功績之不可沒者，蓋在自己所主張使關連於實際問題，而不以不可捉摸之玄高為憑依也。例如將實驗室中所見者以相比擬，或以實驗室中同一之反應以說明碳素之同化作用；此種說明固不充分，然回想其時代，化學極幼稚，認氮為醋酸之成分，呼氮為氧化鹽酸，福克羅氏認苛性鉀為石灰與氮之生成物。則其不充分固不應為病，當在容許之列矣。

（註八）

飛越三十年，再一考之，則此三十年間，已有偉大進步，確立組織，脫出與前此之搜集公式之巢臼，面目一新。試以杜馬（Dumas）氏一八三五年所刊行之辭書，與一七八九年所刊行之馬克氏辭書相較，則其進步之程度，不難窺知而中世紀之鍊金術，與近世化學，亦可取而較之也。今更以柏托雷氏之說明之。

「對於有機物，主張其分子配置上有特殊性之化學者，頗似於模擬礦物學者。彼等對於礦物，在其化學成分以外，亦求其另有所存。柏齊利阿斯（Berzelius）氏曾與此等礦物學者作長時間之奮鬥。將化學成分以外另有所存之說，駁斥無餘。推倒其所謂『礦物之種』之謬說。而在化學上，則不能貫徹主張，因於故見，似未能超脫分子配置之說（註九）。』又曰：

『對於有機界之各物質間所起現象，深入力攻，與生物界竭力挑戰時，稍現勝狀，卽足以刺激讀者之好奇心而起一念曰：化學者縱然屢戰屢北，縱然有二三有機物之合成歸於失敗，縱然有少許物爲爭論目的者，分析未得成功，然其癥瘕所在，乃現今經驗之缺，而不在方法之誤（註一〇）。』斯說也，對於本章卷首所列兩項疑問，已有明確之解答。卽在有機物之性質及變化間斷言所謂生命不具特有之力。

同時代，有利比喜（Liebig）氏者，化學者兼哲學者之有名學者也。在其記述中，吾人得聞異曲同工之說（至少外觀上）。氏爲生命力學派，在其筆端屢現生命力（*la force vitale*）之一語。亦曾欲立一定義，以示生命力異於普通化學力：

「化合物由植物或動物之生命力所組成者，其所含元素之機能亦不外化學的親和力。然而在一定條件之下，往往有一種原因，使物質間不能隨其結合引力而結合。此所謂原因，即支配生物體中之元素，而附有特形之生命力也。」（註一）

利比喜氏所謂生命力者，其義何指？在著者實不能在其敘述文中求得一確解。果能舉一實例，在上記元素中，明示其由給合引力得相結合，而爲此特形力所致而不結合者，則啓發吾人者當甚大。惜乎氏於此未加注意，氏之意義乃不克正確以傳後世。吾人之視爲重要者，不爲氏之意見，而在其對吾人所述二疑問之答案也。人以爲在生命力派學者，對於合成必認爲不可得；而對於有機變化之機作，亦認爲不可求。此種見解，在余則視爲非當。蓋利比喜氏之辭句曖昧空洞，不可捉摸；與柏齊利阿斯氏之所言，意義上顯然有不同者存。

「生物界上之元素，所遵守之法則，似全異於無機界上之元素。其即該類元素相互作用所生成之產物，與無機界在吾人之前所現示者，迥然不同。」（註二）

生物死後元素復歸於無機界（元素不滅）者，即不能再返。蓋生物之真體，不在無機元素，而

另有一精基焉。此精基者，使一切生物所有之無機元素，皆受其作用，各生一種特殊結果。隨物種而異；故吾人對此生命力，直名之曰同化力（註一三）。

兩氏之辭句相似，可知其觀念亦復相近。而後者尤近於闡明前說。可知「生命力之一語，在有機化學不過以表示有機界上促發自然力之某種條件下之聚合而已。解之爲聚合以外之某物，或生物界上固有之特異化學力者，實誤也。」（第六頁）

「元素之化學性不活潑者，吾人屢得以人爲方法結合之。此種不活潑元素，置諸適當條件下，能使之易起必要之作用，則亦可得一化合物，全同於生命作用所生成者。」（第五頁）

「以種種比例所安排之電、光、熱及各種化學試藥等，卽爲必要條件，以使一定元素生多種多樣之有機化合物。此種條件之收集，人力決不能如生物界之完全。然曾蒐而集之，以作模仿生命作用之試驗。」（第六頁）

故所謂生命力者，決非與化學力並立而存在惟條件之聚合而已。而此種條件亦嘗得爲人爲的實現者也。——果若是誰復敢云柏齊利阿斯氏曾信化學的合成爲不可能乎（註一四）其不敢云

然，不俟言，又誰敢斷生物體中之變化在柏齊利阿斯氏曾認爲超化學作用之領域乎？在上舉三例中，有一矛盾存在，所謂有機物生成之條件中，所舉只有電、光、熱及化學試藥，而不及於生命力。由第一例，則生物體中元素所遵守之定律，全異於無機界中元素所遵守者（換言之，有機體中元素在光、熱及化學試藥等影響之下，遵守一種定律，異於無機界之所遵守者）。欲解此矛盾，仍以引證柏齊利阿斯氏胸中之矛盾相持爲便。蓋氏一方面爲教徒，一方面復爲化學者也。化學者之氏，固爲吾人所熟知；教徒之氏，吾人只能由杜馬氏之言以推之耳。杜馬氏之言曰：「教徒之柏齊利阿斯氏者，先入的爲一個思想之體系所囚者也；而在柏齊利阿斯氏自身，曾力避表明其觀念。」

「有機界之事物，皆表示有一聰明之目的。而顯現爲全智全能之產物。因之，人類自己具考慮及計數之能，認自己之存在爲神之影象之一。」（第三頁）

「對於此種疑問，慣於反省者，亦確信此種問題爲不可解。生命之神祕的起源，唯抱舊約創世紀之第一篇，以自滿足耳。」（第九頁）

柏齊利阿斯氏生於一七七九年，以六十八之高齡去世。數十年之生活，以自己之理論，與信仰

相矛盾，(註一五)終身陷於挾攻之苦境。氏之信仰，使其不能承認生物體中只有化學，而強要一種不可侵犯之物，是卽生命力之存在。既承認此生命力矣，而氏之化學的理性，對此生命力加以分析，又使歸於無，不得不強加否定。試取一譬：有如地震，一方面認爲神之所以降罰於都市者，乃懲其瀆神，一方面又承認科學能說明，能預知。此種地質學者，非必有也。與柏齊利阿斯氏極相似者也。欲了解此種特殊精神狀態，甚非易事。巴斯德 (Pasteur) 氏之對於酒精發酵之見解，亦爲一例。

吾人對於柏齊利阿斯氏應加以注意。吾人今設身處地仍在一八五〇年。在此時代，化學者對於生命現象加以說明，同時又將生命現象之階梯全部加以收回，決無一人立異議者。一八五〇年浮茲 (Wurtz) 氏有言曰：(註一六)

『人言如何，可置不論；發見此構造（卽有機化合物之構造）實爲待決問題中最重要者之一。此固爲科學所逐漸侵入，而亦爲人造有機物之途上之第一步。』

革哈特 (Gerhardt) 氏在其著作之第一版上移述其師利比喜氏之說，一字未易；而在其第二版則易之曰：

「有機化學者，對於構成動植物物質之變態 (La metamorphose) 之支配法則，加以研究之化學也。其目的在求適當方法，不藉生活組織之助，以合成有機物。」(註一七)

邇來一切生命現象及一切生命之生成物，皆為化學所攪，陷於混亂狀態。

自上述概觀有普及之一說焉，不得不加以訂正。其說曰：「古代化學者信有機合成為不可得，覺其述誤，使復歸正道者，厥唯柏特羅氏之功績（最初為一八五〇年）。」試就此等論文或引證此種文句之論文加以研究，則可見其所述，全無事實，足以支持其說。

不寧唯是，反對之證據，俯拾即是。蓋果有一物合成告成，則合成不可得之說，當立歸消滅（最初合成之成功者中有數項實為柏特羅氏所有，固一般人所承認者（註一八））。在一八五〇年，因有多數之有機物曾由合成成之也。

特其合成物中，乃自一物質變移為他物質，並非真正合成。例如植物性或動物性之數物質（澱粉、蔗糖、動物膠等）受硝酸之作用，生成草酸，一如天然酸模 (Oxalic) 中所存者。此種實驗，固可以證明離去生物，可以實現生物中之變化；然謂其為真正合成，自元素創立，則未之可也。欲證

此合成，非以完全之無機化合物為基，出發合成之不可。此種合成，亦曾偶得一二，述之如次：

二硫化碳 CS_2 由硫、碳直接化合而成。一八四三年，科爾培 (Kolbe) 氏以氯作用於二硫化碳而得四氯化碳 CCl_4 。一八四五年，麥爾生 (Melsens) 氏以鉀汞還元此四氯化碳而得甲烷即沼氣 CH_4 。(註一九) 此所得者，實合成之第一成功，即由合成法製得飽和碳化氫也。

一八四五年，科爾培氏以氯與二硫化碳作用，得一新化合物，即二氯化碳 CS_2Cl_2 ，更以水與氯之作用，轉變成為三氯化醋酸。一八四四年，麥爾生氏更以鉀汞還元之，轉三氯化醋酸為普通之醋酸。

此醋酸者，一方面為新合成法之起點物質。一八四九年，科爾培氏以醋酸鉀之溶液加以電解，而得飽和碳化氫之乙烷 C_2H_6 。又以醋酸鈣煅灼而生丙酮。一八三二年，利比喜氏以氯化鈣作用於丙酮而得三氯甲烷，其後二年，杜馬氏以苛性鉀處理三氯甲烷而得蟻酸。

一八三八年，苦爾曼 (Kuhlmann) 氏在鉛黑之下，以氫氣還原醋酸而得醋酸醚，再以鹼處理而得乙醇。

一八四二年，本生 (Bunsen) 氏自醋酸鉀及亞砷酸之煨灼物用純然之無機試藥之鹽酸及鋅而得雙二甲腫，加熱分解，即得砷與乙炔 C_2H_2 之混合氣體。此蓋二重結合碳化氫之第一項也。

法拉第 (Faraday) 氏既示乙炔可吸收於硫酸矣，一八二七年，亨納爾 (Hannell) 氏更自此液得乙基硫酸 (l'acide anilovinique) 而杜馬氏在一八三五年所出版之化學書中曾述乙基硫酸沸水之分解而得醇，此固新合成法也，然不為世人所注意，即亨納爾氏對此亦淡然忽之。

一八三四年，利比喜氏以一氧化碳作用於鉀而得草酸鉀，由草酸鉀而得合成草酸，更以之導入合成蟻酸之第二法。蟻酸見於草酸之蒸餾生成物中，草酸銨加熱即脫水而得草酸醯胺。一八三四年，利比喜氏更以通入赤熱管中而得尿素。

尿素亦可由別法製出。味勒 (Wöhler) 氏曾自氰酸鉀製得之。在當時曾得氰氣化氫三聚氰酸之連續階梯（在今日固無回顧之價值）。利比喜氏在一八四一年，更得一直接方法，即以氰化氫（通氫於赤熱之炭上）（註二〇）——一八四一年，蘭格羅 (Langlois) 氏所示之方法——或煨燒蟻酸銨所得之氰化銨生成物。與苛性鉀、硫酸鐵，相作用而得亞鐵氰化鉀，再加入二氧化錳而加

熱，即得與天然產物無異之尿素。由此可知在一八五〇年以前，數種最初化合物之合成。早由化學者告成。今試列之：

在飽和碳化氫中爲甲烷及乙烷。

在不飽和碳化氫中爲乙炔。(註二一)

在醇類中爲乙醇及所附隨之醛內酮。

在一鹽基酸中爲蟻酸及醋酸。

在二鹽基酸中爲草酸。

在氮化合物中爲氰化氫、(註二二) 尿素、三聚氰酸。(註二三)

在此表中，一八三四年達威(Lidman and Davy)氏所發見之乙炔當爲加入。此物乃加水於鉀製造之殘滓而得，惟當時未得分離以製成純粹者耳；今姑不加入。然此事成功於一八五〇年，距有機化學之肇始不過三十年，進步亦可稱爲速矣。其後繼續進步，一八五一年柏特羅氏以醇或醋酸之蒸氣，通過赤熱管中；將其分解生成物，加以分離而得苯、駢苯及石炭酸；此蓋完全合成之生成物

也。一八五七年，氏以鹽酸作用於甲醇而得氯化甲烷，檢知其正如自甲烷出發所製得者。於是氏以爲此苛性鉀對氯化物之作用，可用以合成甲醇。一八六二年，氏以碳與氫直接化合而生成乙炔。當時研究者漸增，合成亦漸入於困難之境，各方面所得之數亦漸增。茲舉其中最有趣味之二三例者于下：

以納汞齊還原丙酮醇而得異丙醇，一八七三年，夫利得爾 (Friedel) 氏及息爾瓦 (Silva) 氏由此轉成甘油而卽爲格利毛 (Grimaldi) 氏及亞丹 (Adam) 氏檸檬酸合成之基（一八八一年）。苯之合成由柏特羅氏以醇加赤熱或縮合乙炔而合成。由合成法所製得之多數苯誘導體，與天然所生者完全相同。例如安息香中之安息香酸（一八六四年，哈尼茲 哈尼茲 紀 Harnitz-Harnitzki）氏及一八六六年，刻庫勒 (Kekulé) 所合成，扁桃油中之苦扁桃精（一八六六年，勞斯 Landt）及格利毛兩氏所合成，及複雜之誘導體如美蘭 (Vanilla) 之美蘭精（一八七六年，梯曼 (Tiemann) 氏所合成）。

因高溫作用，由苯及同族之碳化物而合成之蒽（一八六八年，格累培 (Grube) 氏利

柏曼 (Liebmann) 氏所合成) 爲茜素製造之出發點。工業製造成功以後，竟將天然茜素推倒。此茜素者，實人造有機物成功之嚆矢也。其次更有與印度藍色素同一之靛藍精，自駢苯及甲苯出發合成 (一八七九年，拜厄 (Bayer) 氏及一八八二年，特留生 (Drewsen) 氏所合成)。

更有一重要物質爲斐雪·厄米爾氏 (Emil Fischer) 所合成者。費時數年，達於一九〇〇年始告成就。其物唯何？即含有糖類之主要物質 (葡萄糖、果糖、甘露醇) 者，由甲醛及甘油出發，依波勒羅 (Boutlerow) 及雷 (Loew) 兩氏之反應而得。斐雪氏更合成尿酸及二誘導體之咖啡鹼及可可鹼，是二者皆見於茶、可可及咖啡中者 (一八九七年至一八九九年)。尿酸合成之另一法，在一八八九年爲貝能 (Behrend) 及路生 (Roosen) 兩氏所成就。

天然生物鹼類之構造，亦由合成而大明。特其合成甚爲困難，茲可舉成功之二三例如茲：即別刺敦那 (舊譯作顛茄) (Atropa belladonna) 中之顛茄鹼 (Hyoscyamus niger) 之菲沃斯鹼 (一九〇一年至一九〇二年，維爾斯特武 (Willsätter) 氏及拉登堡 (Ladenburg) 氏所合成) 及雅片中之一甲基四氫罌粟鹼 (一九〇八年爲彼克泰 (Amé Pictet) 氏合成)。

至此，自工業見地上更當舉一重要合成。其物唯何樟腦之合成是也。關於此合成，曾有多數之研究者費長久之歲月，至近年而始成功。（註三四）合成之領域甚廣，有待後人者至夥，決無中止之期。何則？天然物產中新物質之發見，固速於合成；且接踵而至，似無止期之故也。特其多數合成至爲困難；其理由屬於純正有機化學之範圍，於此不欲多述。故合成之永無中止，決非不可思議者；而實驗上，亦昭示吾人以此等合成，非不可得。

一方面，吾人所當知者，物質之一語，義甚曖昧。蓋單一之物質固稱爲物質，混合物亦仍以此名之也。在十八世紀之化學者，其研究食鹽及其他成分一定之化合物，正如其研究牛乳血液，作同樣處理。以故碳酸銨乃有鹿角精（*l'esprit de corne de cerf*）之稱。蓋此物可由燬灼鹿角而得，至今吾人尙可於製藥時見之。然乳汁血液，本爲複雜之混合物；若不加分離，而卽行種種之反應，則所得益成複雜之混合物矣。故除馬克之所謂精（*essence*）及脂（*huiles*）以外，於其中一無所得。化學之第一進步，實在分離純物質，導入可由以知特徵之識別方法（溶解性、揮發性等）。一八三五年，杜馬氏以爲化學之對象，只限於純物質，誠爲由苦心探求而得之卓見也。

『有機物一語，示生物體中所得之化學之一定物質；或以生物物質爲基，吾人得施以變形法之化學之一定物質』。

『此等物質中能作完整結晶或具結晶性化合物之性質，或在有一定氣化點之性質者，方可謂爲一定物質……』

『植物或動物之生理學，則以木質 (ligneux m.) 纖維素 (fibrine f.) 及其他缺乏上述特點 (註二五) 物質等之有機構體 (les substances organisées) 爲研究之對象，而在爲一種之科學。』
 有機化合物 (la substance organique) 及有機構體 (la substance organisée) 間，差別爲本質的，尙有詳細研究之價值。蓋自合成見地觀之，有極顯明之差異，利比喜氏及其學生革哈特氏曾先後述明此義。

以化學試藥之力，或可以得筋肉纖維、皮膚、毛髮等之成分；然決不克製成筋肉纖維、皮膚、毛髮也 (註二六)。

或以爲此種物質，永久的非人爲可成；如斯見解，固非正當；然而吾人固不能謂其爲全失蓋余

所舉之一切合成，皆只合於杜馬氏之所謂有機化合物，從未得一物質，具有組織之有機構體與天然產物有同一特質者。此種狀態將止於何時，抑將永縉乎？抑以不知而然乎？斯實近世化學上之重要之正面問題也。合成之勝利，將使吾人對於將解而未解之問題，遺忘於無形；吾之所以作上言者，正欲其弗忘也。

(註一) 在黑暗中能發光，在空氣中能自行燃燒，此種奇妙物質燐之發見，在鍊金術者實意外之偶得。此發見（一六六九年）當時實爲偶然之發見也。蓋勃蘭特（Brandt）氏發見此物於含燐千分之一以下之尿，而非自含燐百分之十之骨也。

(註二) Berthelot. Méthodes de synthèse, p. 14. — Painlevé Revue du mois t. II, p. 513. 及 t. V. p. 513 — Marras 及 Bauer. Pages libres, 8 juin 1907. — Jagnaux. Histoire de la chimie, t. II, p. 471 — A. Gauthier. Revue scientifique, 1907, p. 385. — Aristide Briand. 1907年3月25日在 Panthéon 演說。—— C. Matignon. Revue générale des sciences, 1907, p. 349.

(註三) Dictionnaire de chimie art. Phlogistique.

(註四) 當時之化學正如今日之國家經濟學，不可思議之極。

(註五) Philosophie chimique p. 303

(註六) Philosophie chimique p. 77。

(註七) 一八五〇年以前之化學者，固非皆信化學力以外，有生命力之必要 (Statique chimique t. II)。

(註八) Philosophie chimique p. 225。

(註九) Traité de chimie appliquée aux arts, t. V, p. 79, 1835。

(註一〇) 一七八年出版之 Philosophie chimique p. 465。杜馬氏之本講義，實於一八三六年講演於法國學院 (Collège de France) 不久即行出版。皮可尼 (A. Blancani) 氏在其所著 Bibliothèque nationale 上亦謂其第二版與一八三六年版完全一致。

(註一一) Traité de chimie organique Paris 1840, Introduction, p. XXXV。

(註一二) Traité de chimie t. V, p. 1 1842。此蓋法文譯本之刊行時日也。柏齊利阿斯氏死於一八四八年八月一日，故實際之出版年月當在此以前。引用此論文者甚多，本論文之本旨，似與各人所付印者間有甚大之差異也。

(註一三) Traité de chimie, t. V, p. 2。

(註一四) Jagnaux, Parislevé, Marais 及 Bauer。

(註一五) 利比喜氏亦為教徒，為情勢所迫而述及 (Chimie organique, p. 285, Paris, 1842) — Painlevé p.

513。曾有文述之曰，余不以爲柏齊利阿斯氏欲在化學與聖書間苦求其一致。——余 (杜克勞 (J. Duclaux)) 固視無稽之談。

(註一六) Annales de chimie et de physique t. XXX p. 445。

(註一七) 弗樂衛氏 (Revue du mois, 前載 p. 515) 以革哈特氏之意見急轉原因在柏特羅氏之功績, 余則以為不然, t. VI, p. 103 不特此也, 並且不信其急轉。

(註一八) 除隨處引用之尿素合成之孤立事實以外, 以實驗的證明支離無機物之法則, 全同於有機物間之法則者, 實為柏特羅氏——(Janoux) 二人固不知自元素出發以合成有機物質者為誰——Marius Berthelot 等……

(註一九) 讀 (comptes rendus) 誌上之摘要錄, 即知麥爾生氏曾埋頭於合成之工作; 且曾作預報宣示其合成實驗 (乙炔合成) 然無後文, 其合成殆未成功。

(註二〇) 氮亦為合成物之一, 一七八五年, 卡汶狄士 (Cavendish) 氏以雷火化通過氧氣之混合氣體中, 使其化合。一八三八年, 苦爾曼氏更取此氮之氧化物以氫還元而得氮之氣體。

(註二一) 此外更可以加入一種磷酸與丙酮作用而生之三甲苯, 及以各種酸溶鐵時所生各種未明之碳化化合物。

(註二二) 存於 Laurierise (月桂樹之一種, 葉中含有氫酸) 之蒸溜液中天然物。

(註二三) 見於天然尿酸之煅灼生成物中。

(註二四) 關於樟腦合成之功績及其種種結果, 均見於 *Revue du mois*, t. IV, p. 560 中。西門 (L. J. Simon) 氏之敘述。

(註二五) *Traité de chimie appliquée aux arts*, t. V, p. 1. 1835。

(註二六) *Chimie organique* 1810, Introduction p. ELXXXVII 革哈特氏在一八五三年亦以類似之文流與此相同之意見 (*Chimie organique*, Introduction, p. IV)。

第三章 對稱之觀念

無機物與有機物間，在一七八九年，馬克氏雖曾以爲有本質的差異；不久卽爲化學所破。一八三五年，杜馬氏卽更進而確定二者之間決無基本性質之別。不謂在三十年之後，巴斯德氏發見有機物質之光轉偏極本領；科學得一進步，反而舊話重題，本質的差異與否，復爲問題；爭論結果，與前同轍，又爲實驗室之勝利，而歸終結。然而在議論未興以前，亦正如今日之對此差異問題，孰不曰無議論之餘地乎？雖然，試一省察此種勝利，果能確定乎？前次曾經二度消滅之差異說，在今日以後果不因研究日深，爲新形式而再現乎？未可必也。

所謂光轉偏極本領者何？卽有數種物質，於水溶液中具旋轉於通過此物質之光線之偏光面之性質。謂之曰活性 (active)，蓋對不能旋轉偏光面之物質而言；後者謂之曰不活性 (inactive)。活性物質中，將偏光而旋之右方者曰右旋性物質；其傾之向左者曰左旋性物質。若詳言其方向，則以

時針之反方向爲方向者爲左旋，與時針同向者爲右旋。天然化合物中，如酒石酸、尿酸、澱粉、蘋果酸、葡萄糖、樟腦、植物鹼、蛋白質等，均無例外，概爲活性。然自無機物製得或合成者，一般均爲不活性。於是在天然生成物均無顯明之特徵之信念下，一八六〇年巴斯德氏遂信生命創造之化合物，所以異於實驗室內之生成物質者，卽在此點，而得一識別之方法。

「……因此人工生成物不具分子的非對稱性。（註一）生命之力所創造之物質，與人工所成者間，除此以外，似更無歧異之點……」

「天然物質中，對稱者固亦甚多，然則得與其他物質同謂之爲天然物質乎？有如草酸，非以實驗室內同樣之作用所生，爲真正天然物質之誘導物乎？……換言之，卽非分泌物而爲排泄物也。」

「此種天然有機物質之分子的非對稱性之觀念，乃導入於生理學上之研究及考察，在無生物化學與生物化學間有所介在之境界線，所以定此境界線者，卽此性質也。」（註二）

「巴斯德之意見並未正確表現氏之觀念，至一八六〇年不復能支持；只因當時之合成化學進步遲緩，得以暫存耳。及至同年四月拍琴（W. H. Perkin）及杜帕（Duppa）兩氏自琥珀酸製

出酒石酸，此酒石酸者，卽巴斯德氏所曾研究實驗之物質也。一八七三年瓊弗來絮 (Jungfleisch) 氏自乙炔製出琥珀酸，其間毫不藉於天然力。如是活性之酒石酸，始得自毫無活性之無機物以人力合成，故此光學活性，乃非生命之特徵。特最初合成所得之化合物，過於簡單，缺乏分子之非對稱性，因以不起旋光作用耳（註三）。

『雖然巴斯德氏之說，不然而非盡不然也。時至今日，只須稍易其辭，已足成立矣。何則？有機物質或爲右旋性或爲左旋性，已如上述矣；同一物質例如酒石酸有兩種式存在，卽右旋酸及左旋酸。此二酸也，除旋光性以外，物理的及化學的性質完全同一；而其對偏光之作用，絕對值亦恆等。故以兩酸等量相混，則左右相殺，不呈作用。如一方之量多，則此混合物卽現旋光作用，而以量多者之方向爲方向。易言之，卽以量多者之符號爲符號。天然物質之具活性者，正因所含兩種異性體（立體異性體）不以等量而存在故也。在普通之蔗糖及澱粉，亦當有此種異性體，具同等旋光能而方向相反者，特未之知耳。

反之，自不活性之化合物出發，製得活性物質時，右旋性化合物恆與左旋性者以等量共存，致

左右相殺，結局現爲不活性。例如自乙烯出發，以瓊弗來絮氏、拍琴氏、杜帕氏之方法所製出之酒石酸，爲左旋性與右旋性等量共存之物；以旋光計測之，乃示不活性。通常無論用何種方法，自不活性物質之作用所得者，其總體恆爲不活性；然而自動植物以抽出者恆爲活性，欲求不活性者，殆不可能。以故巴斯德氏之斷言似不然而非盡不然，今日猶真實也。

巴斯德氏之斷言更可進一步以求之。人爲合成既得其左右相殺不活性之混合物矣，果能將其分離，任取其一，以模擬天然，似非難事。

然而不然也，此種分離，以一般的合成化學之手段，極爲困難。二種異性體，密度相等，溶解度相等，蒸氣壓相等，而其與不活性物質相化合而生之不活性化化合物，亦具同一性質，結晶時亦復相共；結晶以等量存在，不可復判；極易誤認爲一。（註四）其中僅有二種鹽類，分別結晶；即葡萄酸鈉及葡萄酸鉍之複鹽（右旋性及左旋性酒石酸鹽之混合物）。有此性質，在攝氏二十八度以下，結晶時分別結晶，天冬素亦有此性質。由此方法之分離，雖有少許之成功，但結晶生成之分離法，實一極不確實之分離法也。

反之借助於活性物質，爲生命之所生成者，則極爲簡單。例如左旋性之酒石酸鈉及右旋性酒石酸鈉，則因鈉之不活性而示同一性質。如將酒石酸與以規那樹皮所抽出之生物鹼異性弱金雞納鹼 $C_{21}H_{23}NO_{12}$ 結合，則右旋性酒石酸鹽較之左旋性者易溶。故以此混合物結晶時，左旋性者先沈澱而極易分離；而其更爲簡單者，即借助於生物也。如以青黴 (*Penicillium glaucum*) 置於葡萄糖鈉之混合溶液中，則菌以右旋性者爲食物，食盡而餘存左旋性者。且此細菌對於戊醇亦嗜好左旋性者，而將其分解。此細菌將左旋性之苯乙醇酸破壞而酵母則將右旋性之苯乙醇酸破壞。以故在實驗室中，左旋性與右旋性同其反應；而在自然則不然，幾無同一之反應。異性體之分離在吾人爲極困難之工作，而在自然則一極易之遊戲耳。故吾以爲巴斯德氏之見解，頗近於真。因吾人之所有資料，欲自異性體分離活性物質，殆不可得也。

更自他方面加以考察，化學合成法所得者，恆因左右相殺而爲不活性之混合物。決不能只得化合物之一方。即可知吾人所採用之方法，劣於生物細胞所用者，甚或本質上即非同一。吾人於此，可見居禮 (Curie) 氏之所主張之一般原理之應用矣。即對稱之原因，只能得對稱之結果；換言

之，即原因之對稱性，恆現於結果中。

由立體化學之理論，則光轉偏極本領之由來，乃存於一極簡單之事實。即其分子內有對稱之要素存在時，分子無光轉偏極本領；而其化合物現為不活性。反是，分子內無對稱之要素者，即現為活性。以淺譬喻之，如吾人之頭部，世所認為具對稱性者也；果眇其一目，則失其對稱性矣。某種分子有如酒精，為對稱性；而酒石酸則不具此對稱性。某種化學反應，能使此對稱者轉為不對稱，即能創出光轉偏極本領矣。有如戊烷 ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}_2\text{H}_5$) 為不活性者，因其氣在對稱位置；若氣中之一，以碘原子置換之；而為二次之碘化戊基 ($\text{CH}_3\text{CHIC}_2\text{H}_5$)，則失其對稱性而為活性矣。以淺譬喻之，譬諸隻眼者，一則眇其左目，一則眇其右目，即成為兩種異性體之混合物矣。戊烷之中所有之兩氫原子同一而對稱，故其性質亦為同一，決無理由可證其一易受碘原子之置換，其一則否。然則其所生混合物中，兩種異性體自當同數存在。實驗之結果，其混合物為不活性，正如論證所得也（註五）。一若戰鬪結果，軍隊中因負傷而不具者，左半之數與右半之數殆相若。此時之所謂分子，乃可以獨立存在之分子也。欲使其一律右方負傷，亦非難事；即令各人之右方，暴露於敵前可矣。其結果，則左右側

已失其半，而導入非對稱性矣。化學界欲模擬自然，非連結於非對稱性不可（註六）。

作用力中，非對稱之力，吾人多不明；而此非對稱力之處理，亦不可得；以故吾人之模擬，乃極不完全之模擬。然曾有一試驗焉，即可登（A. Cotton）氏以一種溶液（銅與鉻之酒石酸鹽）用光線分解且注意其吸收使右向之間振動與左向者異其量；於是一定量之偏光對此等量混合液中，之左旋及右旋性異其破壞量；不活性之合成化合物，因二方之消失，當能起光旋偏極本領。然而可登氏之實驗，未得結果而終；其失敗之因，或在於處理不如意。總之，問題仍為問題，未得解決也。

逮於今日，結論所至，均主張自然界上，有非對稱力之存在矣。在植物界，其一切合成，以水及二氧化碳為出發點；斯二者，皆為對稱者也；而其所藉者為日光之作用，日光者，又為對稱性者也。如是，此非對稱性當在於種子。種子之非對稱性，其由來必有先在的非對稱性。成長之植物，不過種子之發展者耳。（因有活性物質存在之結果）非對稱力本存於種子中支配其發芽者，與二氧化碳、水作用時，亦保持其非對稱性。凡此數端，皆可推究而得也。

問題所在，乃在種子自身，何以為非對稱的。此種解答，乃入雞與卵之問題。所謂雞生於卵乎，則

最初之卵何來？卵生於雞乎？則卵以何力而生成？具生活力之動植物之胚果，非假定其來自地球以外之行星。（此說唯將困難置於更遠之處耳）其非對稱性，必原始於地球之上。果其如此，則以對稱的原因（無機物、熱、光）所生者，乃不為對稱性，其故何在？意者上述原因，固非絕對的對稱者乎？姑舉一例：日升於東而沒於西，其光線效力，與升於西而沒於東者當非一致（註七）。太陽光線中，某一向之圓偏光，或更豐餘，亦未可知，有如在可登氏之實驗中所施行者。此豐餘量，不及十萬分之一，或不及萬分之一；欲為決定，今日尚非其時，不可得也。關於一切自然界上之非對稱性，猶在曖昧之境，未可以明。

余今述一對觀念之珍奇應用，以殿此章。其應用為何？即石油之成因也。關於此成因，有極端之二說存焉：一則曰石油者，金屬碳化物受水之作用而生成。（事實上麻桑（Moissan）氏以某種碳化物尤為鈾之碳化物，與水作用而得一種液態碳化氫，極似於石油。）一說則曰石油為動植物之腐敗所生成。（泥之腐敗所生之甲烷即沼氣，為美國石油成分之飽和烴之第一物也。）此二說者，果何從乎？某種石油具光轉偏極本領，由此事實足以反對石油之純粹無機成因說者也。然而吾人

當知構成地球之岩石中，大部分起原於動物，故在論議此種問題之前，是否意義相同，是否一事而異稱，吾人當先爲確定者也。

(註一) 旋光性與分子之非對稱性之存在，有密切關係。

(註二) Pasteur, *Leçons professées à la Société chimique janvier et février 1860.*

(註三) 巴斯德氏終棄最初之主張而其續爲之主張，(Comptes rendus, t. LXXVIII et t. LXXXI) 則與現今之見解頗爲一致。

(註四) 巴斯德氏以不活性之天冬酸出發，得不活性之蘋果酸，遂以爲後者爲不可再分之物質。此不可再分性，爲一般所承認，柏特羅氏更以此種不活性蘋果酸之存在，爲反對凡特荷甫 (Van't Hoff) 之立體化學的見解之論據。然而巴斯德氏所得者，實左旋性及右旋性之混合物，其後即知之矣。

(註五) 事實上，一種方向之分子，常爲過剩。因此如路柏爾 (Leib) 氏所示問題，不可不用確度計算法處理之。一公分分子中約有 1×10^{23} 之分子，而萬分之一之公分分子，即 1×10^{21} 以下之分子，已不可測；檢驗光軸偏極本領時，右旋分子之過剩，至少當爲十分之一，即 1×10^{21} 左右；自含有同數黑白球之袋內，任意取出 1×10^{23} 個之球時，結局取出之白球多於黑球者 1×10^{16} ，或其反對時，確度極小。其逆數之對數，實爲 107 位數 (Porel Calomi des probabilités, p. 48)。

(註六) 此觀念於一八七四年，更爲巴斯德氏所發展。

(註七)如此原因爲實際的作用且爲唯一之作用時，則南北兩半球間，如無別項溝通，則北半球植物之所含，當與南半球植物所含者相反。但事實上並不如此，故所謂證明者，乃想像耳。

第四章 葉綠素之作用

植物之綠色部分，帶有葉綠素之綠色，尤以葉爲多。此種色素非單獨存在，乃與他種異色之色素並存。如以適當之溶媒，二硫化碳、石油醚及苯等處理之，則可自其他色素分離而出。

植物有同化作用。所謂同化作用者，卽自空氣吸收其中之二氧化碳，加以分解。其中碳素，導入各種化合物狀態，以形成植物組織；而放棄氧氣於外界。此作用屬於貯有葉綠素之綠色部分。盡人周知之事實也。

分解與同化同時進行，唯見於葉綠素存在之所；（註一）則其作用歸於葉綠素者，自屬當然。雖未經證實，吾人對植物之此種作用，已呼之爲葉綠素作用矣。

植物之此種作用，真相未明；而吾人於此則認爲已得科學的明確觀念之一，不亦怪乎？在氧尚未發見之一七七一年，普里斯特利（J. Priestley）曾謂綠葉能吸收固定空氣（卽二氧化碳）。

使由燃燒而失效之空氣，再回復以成可供呼吸之空氣。其間發見失去燃素之空氣即失去氧，氏因欲知空氣中含氧之分量，認此爲唯一之方法。一七七九年，更精密測驗，結果知植物吸收二氧化碳而放出氧。然因其實驗所得，爲不規則的答案，終使氏自疑。一七七九年至一八〇〇年間，陰勤好斯（Ingenhousz）始證明氧之發生必俟於日光之作用，而普利斯特利氏結果之不規則，亦得以說明；然氧之來源，終未能確定。解之者，爲同時之生勒皮（Senbier）氏。氏始知氧之來源，實爲二氧化碳；使植物在無二氧化碳之環境下生活時，即無氧發生。（註二）由此實驗，可決定植物有分解二氧化碳而脫離氧之機能。然而自然界上，氧之來源僅恃此作用，則尙不得證明。縱令生勒皮氏曾以爲來源只此，而大氣中二氧化碳之含量極少，（一萬量中含有三量）殊難令人置信。

解決此困難者，特曹蘇勒（De Saussure）氏也。氏以長久研究，始爲解決；於一八〇四年之出版書籍中，謂植物在不含二氧化碳之空氣中，不能繼續生長；而自根上所吸入之水中，含此二氧化碳之量甚微，決不足供給全部植物之生長及其所加重量。大氣之二氧化碳雖微，然植物之長大，實專賴於此，更以植物在日光下生活。所處之空氣，加以分析，定其成分；一定時間後再分析比較之，即

見二氧化碳之消失。氏更導得一結論，對於所失二氧化碳之容積，即現同容積之氧。

同化作用遵此公式（ $\text{CO}_2 = \text{C} + \text{O}_2$ ）以行，即上述理論之結果也。自外界之二氧化碳與氧之交換上觀之，似乎植物將二氧化碳分解後，固定其碳，而游離其氧。實際上，此種方程式必不成立。固定者為碳之化合物而非碳；上記方程式，不過摘錄反應後之總結數耳。達此結數以前之如何情形，全未示及之也。碳之固定，果為何種反應，以何種狀態而保存，均未之及，而留其問題於吾後人也。

欲求敘述速進，對於未解之問題，即以未解兩字作一結束，置之於此。吾人姑以一八七〇年拜厄（Bayer）氏所提出之假說為最可信憑，而暫為承認其說。（註三）其說曰：二氧化碳由葉綠素作用，最初之生成為甲醛；其反應乃起於二氧化碳一分子，水一分子間，以下列方程式之反應行之：

$$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{O}_2 + \text{CH}_2\text{O}$$

發生氧氣。所生之甲醛，即重合而為糖。

此假說極不易證實。在理只須確證日光中曝露之葉，含有甲醛；暗所之葉，不含此甲醛；似為極簡之方法。惜乎游離狀態之甲醛，重合甚速。即數個分子結合而變為不同性質之另一縮合化合物。

因此，縱令葉中即曾有甲醛之生成，亦不能久存；在試驗所需之時間內（即蒐集葉片及各種處理以備試驗之時間內），已經消失而不可復檢矣。

甲醛只萬分之一，對於植物已呈毒害作用；則其消失之速，又屬當然。否則，植物自身且受其害矣。縱令檢得其量過微；只可恃不甚明確之呈色反應。以故今日對於此種結果，異論尙多。其中最明瞭者，即庫齊烏斯（Kurcius）及弗蘭臣（Franzen）兩氏。取千八百仟克之旱風乾（Thurme）之葉，加以蒸溜；而得十五釐克之甲醛。此種微量之甲醛，不生於蒸溜中，正未可必，今日猶留有論議之餘地。進言之，即上述反應之第一階段，亦止於假說而已。

事實上，吾人亦得以間接證明法證之。若甲醛之重合，正如在試驗管中所生成者，則試驗管中之生成物，當能在葉中求得反道以求，以兩者果真同一。故其物質之起源也屬同一。由此以觀，則甲醛誘導體之檢出，有可用以代直接之檢出者矣。

如是第一即在考查所謂天然生成物者，果何物耶？曝露於日光下之葉中，其葉綠素之周圍，有澱粉之沈澱；自古以來，已知之事實也。此澱粉因生成極為迅速，故利克斯（Sachs）氏以爲澱粉縱

非唯一之一次生成物，亦必爲一次生成物中之一。但實際則不然也。當如布朗（Braun）及毛利（Morris）兩氏所示，澱粉者，自一般所稱糖類之蔗糖、葡萄糖、麥芽糖、果糖等簡單物質之變化而成者也。此等物質自化學上觀之，淵源甚近。蔗糖與麥芽糖，關係爲異性體，有同一之組成式（ $C_{12}H_{22}O_{11}$ ）。果糖與葡萄糖關係亦爲異性體，有同一之組成式（ $C_6H_{12}O_6$ ）。前二者極易變爲後者之一或後二者之混合物。澱粉自身與此緣屬亦近，亦能變化爲麥芽糖及葡萄糖者也。換言之，澱粉爲麥芽糖之重合物之一種，與其他各物相比，不過爲複雜物質，失其水溶性，並失其普通糖類特性之甜味而已。（註四）

上述諸物質中，最初所生成者，果爲何物？其物如何而轉成他物？最初生成爲上述者之一乎？抑其混合物乎？此種問題，皆未能完全解決。因植物之不同，似各有其解釋。例如金蓮花之類，由布朗及毛利兩氏所行諸實驗，先生成者爲蔗糖及澱粉。澱粉爲蔗糖之誘導體，蔗糖之量超過一定量時，即生成澱粉；故澱粉爲一種之貯藏物質。葡萄糖及果糖爲蔗糖之分解生成物（此分解實現甚易），麥芽糖爲澱粉之分解生成物。

一切植物，均屬相同者乎？最初之生成物，縱不為蔗糖，亦必為糖類乎？果吾人對植物界一加注意，糖類實普及於植物界；即可以知此臆測，距事實必弗遠。然而澱粉一項，在植物界上，分布亦至廣泛；特吾人所當知者，澱粉者寧謂之為貯藏物質。何以言之？澱粉為綠葉在日光下進行同化作用之一剎那間所生成；日沒以後，一部分耗於氧化（燃燒），一部分組為更複雜之物質如纖維素及氮之化合物而消失。糖類之量超過一定限度時，（註五）始生成澱粉；故以糖類之生成在澱粉生成之前，解釋較易。蓋糖類之無限制蓄積，有害於植物自身；故植物自身乃使其轉為不溶性之澱粉，令其蓄積而不為害。此乃自然之趨勢，以故非有更充分事實昭示其不然者，在今日吾人以最初生成物為糖類理由固極充足。

拜厄氏之假定設為事實，則甲醛之重合成物中，必有糖類；縱不能全現，亦必有糖類之一，能得自甲醛之重合而生成者。本諸實驗，甲醛與鹼遇，即急速重合，而生複雜之混合物；其中有二主要成分：一為甲醛糖（formose n.）乃葡萄糖之異性體，構造尙未明者；一為不旋光性果糖，能發酵以成醇，其重量之半由天然果糖之同一物質所成。而天然果糖者在植物界分布極廣，又以蔗糖重量

之半爲成分者也。

由甲醛之重合當能得天產之一切糖類，然而現今所已知者，僅其一耳；雖僅其一而此一物頗易變爲異性體，或與此有近似構造之物質。卽其所生之甘露醇 (Mannitol)、葡萄糖、山槐醇 (Sorbitol) 等亦均爲天然糖類也。意者自然於吾人所不知之狀況下，直接自甲醛出發以合成此等糖類，拜厄氏之假設，由以上所述，已可確保成立。對於麥芽糖、蔗糖、澱粉之生成路徑，果能明瞭，則其確實之程度當更進一層。惜乎對此方向所行之實驗，無一不失敗。

吾人對此假設，尙有一試驗可作。植物之合成，果以甲醛爲基，再重合以生成他種物質者，則以甲醛供植物之生成原料，當能轉化爲糖；且其同化過程之一部亦可省略。則其反應狀況，當更順利。若除去二氧化碳以植物置於甲醛氣霧中，植物當更繁茂。但實驗之結果則反是。甲醛方達可覺察之少量程度時，植物已呈猛烈之毒害作用。然此種困難，尤可以解說之也。一切毒害物質，若超其一定量，必呈毒害作用。欲求如植物之生成，使甲醛重合其量可止於不呈毒害之程度。欲實證甲醛在營養上之諸性質，必極力模擬其自然所有之諸條件；換言之，則非供給植物極稀薄之甲醛，不可因

其必須一定量，故不以甲醛為原料，而以其易於解離之化合物為愈（亦不可過易於解離）。即以
 甲醛與重亞硫酸鈉所造成之 *oxymethylsulfonate de sodium m.* 為原料也。婆可尼 (Bokor-
 ny) 氏取一種常見於噴泉等處之綠藻名水綿者，置於日光中，謂得一事實，能自此種溶液同化碳
 素。此實驗之結果實未可贊許，特吾人終得以一種方法使澱粉粒生成以確定植物之增加重量關
 於植物之生成，吾人所欲知者，已略盡於此；易言之，植物之中富於適應性之藻類。對於 *oxymethyl-
 sulfonate de sodium m.* 尙不能適應。則在最近之將來，是否有使其完全同化之望，尙待於吾
 人之研究也。

對於甲醛之推論，吾人亦可以之推及糖類。假定糖類為同化作用之第一階段，則以既成糖類
 供給植物，植物當得利用之也。換言之，即摺除二氧化碳，而以糖類作植物之唯一養料，植物當可生
 活。日當繁茂。對此結果，亦曾實證。即勞能脫 (Laurent) 及馬則 (Maze) 兩氏先後曾在蔗糖、葡萄
 糖及轉化糖之溶液中，使植物發芽生長均得成功。尤其為馬則氏之試驗，成績更佳；所得之萌芽，在
 乾燥狀態下，四倍於種子之重量。由此結果，斷定同化事實，決不可否認。（註六）然此種事實，只限於

高等植物（玉蜀黍、菜豆等），未嘗就藻類試驗如婆可尼氏所行者；且其結果，亦不明瞭。蓋以糖水所培之幼小植物，皆現消化不良之黃色或蒼白色也。

故與其云此種爲證明，無寧謂爲指示，頗可以使拜厄氏假說更爲有力。惟一切雖姑認其能依假說而得，尙有一重要問題未解也。問題爲何？即如何而得；換言之，即反應之全體依何種機作而進行，不可不知也。解決自然現象，原不僅在知其結果，必將其構成此結果之基礎反應，加以分解，而明其每一基礎反應興起之理由及方法始可。欲得此結果，須用近似自然之方法，使在實驗室中再現其現象。

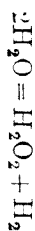
吾之所以必須以近似自然爲條件者，蓋不在此制限內，則化學者在實驗室中可以用全然不同之方法，得其結果，已述於前矣。化學者以二氧化碳一分子及水一分子合成一分子之氧及一分子之甲醛，爲極易舉之事。（註七）然其間有須要試藥及溫度之反應，均爲植物上所不可求者。以此而欲解決植物，終莫由解也。非在常溫下及光線以外之能源之條件下，自二氧化碳、水、氧以合成甲醛，則不得謂此問題已解決也。

在此種狀況下，無人曾經實驗，成功者更無所聞矣。雖然，若將問題分爲數個階段，個個分別實現，則未嘗不可以行。惟既不能依日光之力，必須代以紫外線耳。

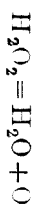
以紫外線照射二氧化碳，即分解爲氧與一氧化碳。



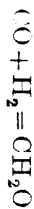
以同樣方法處理水，則亦分解而生氫與過氧化氫。



過氧化氫以粉末狀物質之接觸作用，而依下式分解。



將最初由兩種反應所生之一氧化碳及氫混合而置於紫外線之下，則互相化合而生甲醛，一如高得昌 (Gauduchon) 氏所示。



此反應之總和，即吾人所欲求得之反應也。即



如是，在某一條件下，以光線照射碳酸水 (de l'eau de Seltz) 卽生甲醛，已爲不可疑之事實。特其量之微，微至不可測耳。

在此收量問題以外，與自然不同者，猶有一端。吾人須用紫外線，而此紫外線在日光中，固屬缺如者也。於是高梯 (A. Gautier) 氏更進作一說曰：『葉綠素具增感作用，有如攝影原版上所加之藥劑，以增其整色或汎色性者』。例如普通之動物膠與溴化銀之乳狀體，不能感赤光，須以一種有機物質或曙紅浸染之，始能感光。同一理由，以二氧化碳及水之混合物在太陽之可視光線下，不能感光；加以一種色素（卽葉綠素），始能感光。故古人之最終問題，乃在求一種物質，能如細胞中之葉綠素之作用者；果能得此物質時，則吾人可自碳酸水以得甲醛或更進以得糖水。

此種物質亦不可謂爲未得，由巴哈 (Bach) 氏之說，鈾鹽頗有合此理想之希望。然巴哈氏之結果爲歐拉 (Euler) 氏所反對，又爲烏息 (Usher) 及普里斯賈 (J. H. Priestley) 兩氏所再確定；至今亦未能視爲確論也。何則？因其產量對其最初之物質，所得量太微也。蓋一仟克之二氧化碳

碳，所得甲醛液之量，超過 1 2 仟克之實驗實例，未曾有也。

於此，吾人暫離純正化學之範圍，更自應用化學範圍以觀「葉綠素之將來」，略論如次：

所謂葉綠素之作用究具何義？即在日光影響下，以造澱粉、糖類、纖維素及含氮物質也。亦即吸收太陽之能，以製造營養物質及可燃物質也。所謂能之貯藏，果恆為有益乎？吾人對於日光之直接利用，終不能乎？即直接利用日光之能，能以變為有用之生產乎？葉綠素之作用，降而為只供娛樂之花園建設之時，終不能達乎？

凡此諸問題，皆歸於收量及製造費之問題。自石灰石，採取碳素，加水而以「能」作用，使成可供食用之糖類，固屬可行；而其製造費則極大，竟無考慮之餘地。今日實際所施行之方法，收量太微，至少限度，當加改良，使其收量達於葉綠素作用之收量。

葉綠素作用之收量，可約略計算而得。收量之大小與培養方法之關係極大，故正確計算，不可求而亦不必求。蓋在吾人之近似算法上，其影響不及於所得結果之量位故也。其計算之導出方法如次：即將一年間（一生長週期）自太陽所可收取之熱量，與同時時間內燃燒所生產之產物而再

現之熱量兩相比較之可矣。地球上各地點所得數字不同，今且以巴黎附近爲準，計算之如次：

在日光之垂直曝露下，一平方釐米之面積上，夏日每分間所受之平均熱量爲一·五卡路里。假定一年中日光皆以直角照射，則一年間約爲五二六、〇〇〇分，所受之總熱量爲七九〇、〇〇〇。卡路里。然而一年中平均晝夜各半，而因季節及時間關係，太陽以種種角面斜射於地面；由此兩原因，數乃銳減，而降爲一七〇、〇〇〇。加以大氣之吸收，此數尤當減少。但其吸收之最烈時，卽爲朝夕之斜光及冬日之光線，此種減少爲數不大，大約不超五分之一。今依此計算，數乃減少爲一四〇、〇〇〇。年中亦不能恆爲晴日，平均計太陽之光輝照耀，每二時間中有一時間，其中尙有光線薄弱之多雲之日及冬日，而自一方面言，雖爲多雲之日，非全無光，亦尙有多量之散光也；截長補短，吾人可得平均，約計之爲每一平方釐米之土地，一年所受熱能爲一〇〇、〇〇〇。卡路里。故一公頃 (hectare) 之耕地，所受者約爲 10¹⁰ 卡路里。此所謂卡路里者，指小卡路里而言，固不待贅。

今試以上述結果爲基，加以研究農作物之種類不同，結果自亦有異；故其計算只可就普通數

種農作物爲之。例如小麥，果能收穫四、〇〇〇仟克之麥粒及八、〇〇〇仟克之麥葉，已屬優良。燕麥亦與此相似。以上二者除去其所含無機物及水分，約可得一〇、〇〇〇仟克之可燃性碳化氫。

馬鈴薯、甜菜、蕪菁等於一公頃內所得者爲四萬乃至六萬仟克。與葉並計可達八萬仟克。此中過半爲水分，乾燥之只可得一萬五千仟克耳。甘蔗、玉蜀黍、酸模一公頃之所得者，數量更減。收穫之量，雖在十萬仟克以上，乾燥之則縮至一萬五千仟克以下。苜蓿爲一萬仟克牧草，在灌溉充分及良好之條件下，收穫之量可達十萬仟克，約含有百分之十五之乾燥物，故其結果亦約略相同。（註八）至於森林則其所得大爲減少。就法國國有林而言，雖將細枝枯葉計入，一公頃之所得木質生成量全部亦不達四千仟克。縱令並根計入，決不能倍此數。由此可知即就最良之農作物言，以最良之條件生長，可燃物質亦不能達一萬五千仟克以上。

各種生成物之燃燒物各自不同。類似蛋白質一克所生者爲五、五〇〇卡路里，澱粉纖維素爲四、二〇〇卡路里，脂質爲九、〇〇〇至一〇、〇〇〇卡路里。就植物所含各質之比，加以考

慮平均之數可得五、〇〇〇卡路里故一公頃之生產量一萬五千仟克可生之發熱量爲 $7.5 \cdot 10^6$ 卡路里。今以葉綠素之受熱量以除此收穫物之發生熱量即可知其同化作用之吸收值矣。

$$\frac{7.5 \cdot 10^6}{10^{10}} = 0.00075$$

由此以觀，可知葉綠素所受之能，僅在百分之一以下耳。雖曰農作物方改良未已，然謂其結果能影響及於此數之位數，誰敢信其然。（註九）將來亦唯止於此貧弱收量之狀態耳。

不借植物之助，以更高之率利用熱能，以生成同樣之生成物果可得乎，不可得也。且在最近之將來，亦不可求得。（註一〇）然而有一理由，對於將來有使吾人安心者在。

植物之生成驟觀之似若簡單。以化學之見地觀之，構造極爲複雜。蔗糖之分子爲 $C_{12}H_{22}O_{11}$ 。欲作成此分子，至少須四十五個以上之碳、氫、氧之原子，而且必使此原子各就其一定位置，否則位置不同，所得非蔗糖而爲別種物質矣。欲作成澱粉或纖維素，則所須原子之數更多。欲作成蛋白質則爲數更鉅，恐非數十原子不可矣。果欲以工業的合成所須元素自必求於廉價之所；換言之，即自

無機物取之也。除少數之例外不計，多量之存在，雖非盡如氮之以游離狀況存在，要皆為極簡單之化合物。氧之大量，以游離狀況存於大氣；且存於簡單化合物之水及礦石，碳以碳酸之狀態存於石灰石及空氣中。（註一）然自三四個原子合成之小分子出發，一舉而欲得一四五十個原子之分子，極為困難。合成必經過數種化合，使漸次自簡入繁。然而化學反應決非完全變化，於是種種工作，非止於不完全之境不可。因此在目的物外，同時生成相當量之無用途之副產物有時，其比率增至甚大，故工作之度數愈多，物質之損失乃達於極大，而收量乃降至極小，甚至幾達於零。（註一）

然而物質之較蔗糖澱粉簡單者，化學者已自自然奪得其優越權而能生成之矣。碳化鈣之製造，一噸原價約為一百法郎；由此所合成之乙炔，每噸約為二百三十法郎；由水及氫之添加由乙炔而得酒精，（此蓋實驗室中亦得實現之變化。一千仟克之碳化鈣可得四百仟克之乙炔。由此可得八百五十仟克之酒精）因以知由此路徑以製酒精。（註一三）比天然產者之價尤廉。此種類例不遑枚舉。

化學在今日所以合成簡單化合物者。後日更可得進步之方法以處理其他之複雜化合物。化

學終可以超越葉綠素，取而代之，亦未可知。

對於此說，或亦有持反對論者，爲葉綠素作辯護。其意曰：『種種植物皆自有其達到完全境域之力，蓋見於耕作上之收穫量，逐漸改進增加，而新變種及生長迅速之植物，亦非不可求。』因加強其反對之念。然此種改良，固有一定限度，因不得不辯之曰：收穫量之不良，非葉綠素自身之缺點，乃在葉綠素用以作用之工具不佳。葉綠素之責任，蓋在同化空氣中之極微量之二氧化碳；空氣一千升中，水蒸氣往往及於二十升；而二氧化碳難達於三分之一升。在此空氣中，求養料之植物，有如沙漠旅客；在撒哈拉大沙漠中，求飲料於沙漠風吹來之水分也。以故葉已盡其能事，有如苛性鹼之吸收二氧化碳，至密至激。若以人力增其量以供給之，則其吸收量亦當增加；在二氧化碳之人工氣霧中，葉之同化作用必增強，而澱粉亦必積聚更多。以故使植物馴習於強制多食，則以植物置於二氧化碳更豐富之氣霧中，則收量可望增加。惜乎在實際上，植物乃不能如此。植物之力，只能吸取少量，人果以過多供之者，植物自有其生理的節調，以免消化不良。此種狀態，將來或亦可以改良；然關於此點，發言之權在農學者，而不在化學者矣。

(註一)此蓋就多數植物而言。有數種藻類，不含葉綠素而亦能同化碳素。由維羅格那斯紀 (Winogradsky) 氏之說，有數種之裂殖菌 Bacteria，亦有此性質。葉於葉綠素之外，亦常具胡蘿蔔紅 (Carotene) 其生理學的作用，今尙未明。

(註二)普利斯特利氏對此發見未嘗成功。氏以爲充水之壘，曝露於日光中時，表面所生綠色物質爲自然生出。由此綠色物質發生氧之氣泡。普利斯特利氏不知此綠色物質爲植物性（爲顯微鏡的藻類）。以爲由光之作用，直接自水生氧者。卽在此綠色物質之機械的作用。

(註三)化學上拜厄氏之假說，有極大之功績。功績所在，卽在求證之一念。即使斐雪氏合成糖類，創立有機化學界上之重大功業；更使普茲 (Pflanz) 氏完成此功業，關於葉綠素之同化問題，極爲重要；而化學者間，絕少從事研究者，亦可怪之甚也。

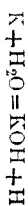
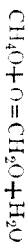
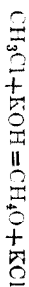
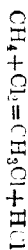
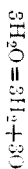
(註四)此等物質，皆爲碳水化合物。卽此等化合物皆以水加碳之狀態而存在（卽以氫二原子對氧一原子之比率而存在）。此等物質之不同點，卽在碳對水之比率不同；因水之吸收而互相變化如澱粉 $(C_6H_{10}O_5)_n$ 爲 $(C_6(H_2O))_n$ 芽糖 $C_{12}H_{22}O_{11}$ 爲 $(C_6(H_2O))_n$ 葡萄糖 $C_6H_{12}O_6$ 爲 $(C_6(H_2O))_6$ 等，皆碳原子一個順次與 $\frac{1}{6}$ 水，1 分子水相結合而成。

(註五)此界限因植物之種類而大有不同。甘蔗爲百分之二十，葡萄之葉，百分之一耳。

(註六)此等實驗，均不曾證明同化之碳，曾經過甲醯或蔗糖之狀態；只可以證此假設與實驗間無矛盾耳。植物卽以甲醯或蔗糖以外之碳化化合物，亦得維持其榮華。麥可尼曾以藻類育於天冬素 (asparagine) 十 甲基戊酸 (leucine)

(二) 陳乾酪質 (Tyrosine f.) (消化蛋白質 (Leptone l.) 檸檬酸或酒石酸等之溶液中，此等物質均非同化作用之直接生成物也。

(註七) 此實驗只須以熟知之反應系列行之可矣：



求反應之相則爲：



之反應

(註八) 此就巴黎之氣候而言。如在南方各國，尤其在意大利，收量更大，同時日光之量亦增。在熱帶地方，則碳之同化者爲量亦更大。由哈姆普爾特 (Humboldt) 及部榮哥 (Boussingault) 而至哥倫比亞，一公頃之土所栽培之香蕉

樹，其所收香蕉之量達二十萬仟克，乾燥之量達四萬五千仟克。此量恐且超過蘇及葉之量。此種收量，與改良無異。只因緯度大於巴黎附近者約五六倍。所以致此結果者，曝露之期間較長，為原因之一，溼度及溫度之影響雖小，亦與有力焉。

(註九)收穫量果達於百分之百。則一平方米馬鈴薯之收穫量當為七百五十仟克。以之唯一平方米之面積上，可為一米厚之連續厚層。

(註一〇)由雷及斐雪兩氏之實驗，欲製一克之果糖須三百克以上之甲糖。

(註一一)石油為極複雜之碳素化合物，由合成見地上觀之，所含磷素原子，超過六個以上，即為無益。然而六個原子以下之碳化物，在石油僅為極小之一部分（通常在百分之一以下），其餘生成於更加縮合之物質。脂肪亦復如此。脂肪亦與石油相同，量有制限，每年之抽出額，止於一〇噸。一方面由葉綠素之所生成者，約為一三噸。

(註一二)對於合成，固不足妨學術的問題之解決；而在工業問題上，則關係至大，成功之望甚薄。

(註一三)當時之價，每百升約四十法郎。自乙炔合成酒精，已可由工業的變化製成。

第五章 酵素

試以形極小，機能簡單之物，即一個之細菌或一個之酵母置於適當之營養液中，則立即開始增殖。迨經過一定期間（幾時間或幾日），液內初只有一個之細菌者，至此乃含有多數之同一細菌。吾人試一思細菌之來源，一部分當爲細菌體內所含之物質，一部分爲溶液內之物質，由化學作用相與反應而成者。由此反應之結果，最初所存之物質，大爲增加。換言之，原來母體細菌中所存之物質，殆以同量見於子體之各細菌中矣。即細菌之數已增至於百者，即其所含各物質亦各百倍其數矣。

形成第一個細菌中之一切物質，皆以化學力而增加矣。此固不僅細菌爲然。乃一般生物之共通性質。廣大之檉林，起於一個檉實，固不能謂其不能；全人類之起源，在於男女各一人，亦未始不可想像之也。猖狂於澳洲全土之野兔，昔日之數當亦非多。普遍於今日歐洲之馬鈴薯，當亦僅始於少

量概乃由二氧化碳、日光及水增殖而來。

此種自己繁殖之能力，即爲有生命物質之特異性質。今試假想微生物非爲微生物固有之物質，而爲吾人以已知合成方法之合成物質所形成，則此細菌唯有消滅之一途而已。蓋自化學反應正當意義言之，反應之物質乃受破壞而生成之新物質也。縱其不消滅——起於新化合物爲不溶性時——則反應終了，即亦停止，而達於安定之狀態。以碳酸鈣一片投入硫酸中，則徐徐變化，不論硫酸之量如何，硫酸鹽一經生成，反應即完全中止。然而一個之細菌如其培養基充分豐富，則其增殖乃不可限量。

碳酸鈣之例或過於簡單，不足以狀此今更想像一種混合物，其中之物質能起變化而互相代入於他一種物質者。但自化學見地觀之，則此想像爲愚不可及。蓋如其物質互相代入，循環變化；則最初所有之物質仍見於最後，即等於不起反應也。

有生命物質之自然的增殖，實一種極複雜之現象。就吾人所知，細胞間所形成之各種物質，皆有定比；與此增殖有極大關係。欲求理解此種現象，實徒勞而無益。此種問題唯在哲學者能與以幾

分之光明，科學者正不必羨之也。吾人之所得而從事者，只將此問題加以分析加以分解，以得一極簡單之事項耳。於此，吾人宜知何以選用下述假說之一。所謂假說者，即各物質果以營養物直接以增殖自身乎？抑各物質以營養物與另一物質相互作用而造成生成物乎？此二假說所歸着之反應皆異於通常之複分解反應；蓋與反應相關之物質中至少有其一，不曾破壞；故在此作用中，必有不能破壞物質之存在。

事實上此種不破壞物質甚多，即自生活細胞中所抽出者，曾賦與一般的名稱，所謂酵素 (Diastase) 者是也。有多數人欲以其名改為 *Leuczyme*，其理由殆因外國人欲用之於較廣範圍然其理由固不充分也。何則？最初物質具此 *Diastase* 之新名稱者，實為法國化學者所發見者也。今其為名，已不復為最初物質之所獨有矣。蓋在今日，酵素已不只一種，而有分類之必要；乃不能不名此為澱粉酵素 (*amylase*)。此物之發見，蓋由於研究啤酒製造時，求解決其過程中之一部分即麥芽生成 (*malage m.*) 之理而得者也。杜勃蘭弗 (*Dubrunfaut*) 氏 1823 帕揚 (*Payen*) 氏及帕梭 (*Pasoz*) 氏 一八三二年所發見之啤酒製於大麥之煎汁，固盡人所知；將麥粒置於適

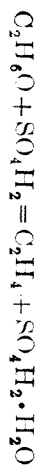
當溫度及溼度之空氣中，即行發芽；同時粒中所含之多量澱粉，即轉變為麥芽糖。麥芽糖者，近於蔗糖之一種糖類也；取此糖以酵母加入，令其發酵；即為釀造麥酒之第二過程矣。澱粉之所以轉為麥芽糖者，由於麥粒中所含澱粉酵素之作用。將已發芽之大麥，用水浸出，以酒精洗澱之，即可採得此物。

此物質者，即具有吾人所求性質之物質也。即自己不破壞而能作用之物質也。酵素之重量，與受變物質之重量，二者之間具可驚之超比率 (disproportion I.)。檢知此比率之存在，即可知其不破壞而呈作用者也。帕揚及帕梭兩氏曾得一種酵素，能轉變自身重量二萬倍之澱粉使成糖類，近更得有駕凌於此者矣。酸素恆與一種有重量而無作用之物質共存，而為混合物。故純粹之酵素，其活性當更強，由此可知澱粉酵素之活性與通常化學試藥之作用，大異其趣。而且在誘起之反應中，不被破壞蓋其反應只一加水分應，百六十二克之澱粉須固定九克之水。



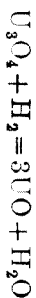
即一克之澱粉酵素，作用於二千克之澱粉，而固定一百十克之水。今假定其為通常反應，即為二物

質之複分解，例如酒精之水爲硫酸所固定時，自身即轉爲乙炔。

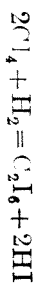


澱粉酵素能供給於澱粉之水量，恰如酒精中之含有水量。超過其量即不能供給。然則酵素之能供給量，至多只能與酵素同量；實際當小於酵素之量，不必云百倍爲不可得，且當小於一克也。以故澱粉所固定之水，必取自外界，即取自溶有澱粉酵素之水中也。換言之，澱粉酵素使澱粉與水結合，酵素不存，兩者不起作用；澱粉自澱粉，水自水也。此雖說明，同時亦即此作用之定義也。

酵素重量與變化物質爲超比率者，已爲一般事實。有如使蔗糖起加水作用之轉化酵素 (*invertase f.*) 由歐利立凡 (*O'Sullivan*) 及吞遜 (*Tompson*) 兩氏之說，能作用於百萬倍之蔗糖。凝乳酵素 (*pressure f.*) 加於牛乳時，能使二百五十萬倍之乾酪素凝固。雖然僅此超比率 (縱其極大)，決不足以定一種反應，即爲酵素性質之反應，乃吾人不可不注意者也。例如以氫還原鈾之綠色氧化物時



一克之氫能作用於三百九十二克之氧化銅：



卽在此反應中，比率爲 1:520。比率較此大之化學現象，亦可得而求之也。然而在此反應中吾人所當知者，皆以原子量一之氫，作用於分子量極大之化合物，實際乃不成問題。不過理論上，示此超比率之可以存在耳。故酵素性質之嚴密證明，必當如澱粉酵素能以反應方程式示之方可。多數之酵素作用，雖能示以方程式，惟其中如凝乳酵素，不知其反應如何。雖以一倍之量能作用於二百五十萬倍之乾酪素，爲驚人之比率，至今尙無法以證明其爲非通常反應。一克之物質，化學的作用於三千克之他物質之反應，已爲吾人所知；（氯化鐵對鹼之作用卽其一也）。故此際於未能確定酵素存在時，則在結論之前，必先求其他理由之存在。

雖然，酵素果僅以存在而卽可作用，自己在作用中毫不破壞，則嚴格言之，在理可以變化無限量之物質。實際則不然。一般酵素在作用之後，一部分卽失其活性。以故酵素在作用時，謂爲不破壞者，非甚正確。必有一部分之破壞，特其程度至淺，而進行甚緩，可以略而不論而已。在今日吾人無妨

將此視作副現象，以避免此難點；酵素之理論解決，正有俟於他日。

然而此難點或有自解之一日。認爲此現象之發生，或基因於酵素之不純；蓋酵素之取自生命之物質，或曾有生命之物質者，固不純粹者也。此種物質既不結晶，復不揮發，一般之精製法均不適用，卽其分離方法，亦只於水溶液中加酒精以沈澱之。此外尙無他法。此物質既吸聚甚多之夾雜物，故吾人在今日不能謂爲已分離酵素，不過自所得生成物中濃縮之而已。此種夾雜物中，混有甚多以生命爲起源之物質，此混合物（結局不過爲一種已經變化之原形質）保有細胞性質之一部分，自不足異；卽如老衰之性質（卽在作用中漸漸消耗之性質），恐亦不在真正之酵素中，而在其所混合之其他物質中。由此推測，其能力較吾人之所信者當尤爲宏大。更進言之，酵素在誘發起反應中，縱不破壞，而與酵素混在之諸物質，謂其爲不生影響，且不變化爲新生物，使酵素受惡影響，亦不可必。

總之，所謂酵素者，保有以生命爲起原之一種物質，則爲不易之事實。試以溫度之變化加於酵素，卽可以證之。蓋生物只在一定之溫度極限間能生存，此爲生物之本質的性質之一；此種極限，雖

隨生物之種類而異，但一般範圍皆甚狹。通常耐熱之抵抗，皆小於耐寒；多數之細菌能在攝氏零下二百度不受若何影響，而在百度之沸水中殆無不滅亡。能在再高二十度之溫度中生存者，竟無一種。最敏感之啤酒酵母，在五十五至六十度間，已不能生存矣。如其加熱也漸，則在其死滅之前，其活性（即發酵能力）之失去也漸。在四十五度時，發酵已困難；五十度時，發酵必停止。如遇低溫，作用亦被阻止。故以酵母置於極冷而有砂糖之葡萄液中，不能發酵，且不能製出酒精，如再加熱，發酵即現。可知以前之停止，並未死滅。吾人知酵素在零度時活性甚小，溫度上昇，即漸次增加；達極大點後又復減小，在四十五度附近，則活性又減低至與零度時相似。有生命之物質與通常之化學系，由此變化法則，可以明瞭區別。蓋普通一般化學現象，不論在何溫度範圍內，溫度上升，強度即增。（註一）有如硫酸溶錳，或鹽酸溶白堊，硫酸或鹽酸愈熱則溶解愈速；直至沸點，速度仍有增加。又如氫酸鉀分解為氯化鉀與氧，或硝酸銨分解為氧化氮及水，熱愈高則分解愈速，決無一最適之溫度在。故此溫度之存在，即可以明確區別生命之作用與真正化學作用。

吾曾謂酵素保有以生命為起源之某物矣。至少限度，此最適溫度，即為此物性質之一。在零度

時，酵素之大部分作用極遲；溫度上昇，作用即漸增；通過一極大點後，即行銳減；至高溫度作用復歸於零。在高溫下繼續稍久，酵素即死滅，若再移置於冷液中，亦不能再呈作用。恰如酵母之細胞或其他任何動植物，因熱死滅，雖滅其熱，亦不再蘇生。

例如使蔗糖加水分解而為轉化糖（葡萄與果糖之混合物）之酵素，在各種溫度時之活性，可以下列數字示之：

零	度	時	六	五	十	度	時	一〇〇		
二	十	度	時	二五	六	十	度	時	七〇	
三	十	度	時	四〇	六	十	五	度	時	七
四	十	度	時	七〇	七	十	度	時	〇	

在不逾七十度時，轉化酵素雖失其活性之大部分，然冷之即又復元，能轉化蔗糖。如達七十五度，則全歸死滅。此性質即明示酵素近於有生命之物質，而與化學試藥有異。

不僅此也，由長時間加熱之影響上，更可知其近於生物。盡在同一溫度中加熱，時間果長，則其

所以使此酵素變性者，較諸短時間，所差甚巨。正確言之，雖並無致死之溫度，但若長時間加熱，亦為足以致死之溫度區域。一切之微生物殆皆如此，即在沸水中，大多數亦能暫時抵抗；果其時間稍長，即足以致其死。

一切之酵素，均如轉化酵素之有最適溫度與致死溫度。惟溫度各不相同。一般在七十五至八十度之間，即突呈有害；（下述之澱粉酵素在七十五度猶有極強之活性）。惟抽出之原細胞，其致死溫度尤為低下。可知酵素僅承受原細胞對熱感受性之一部分。（例如轉化酵素破壞於七十五度，原細胞之酵母則在六十度已不能生存矣）。即酵素保有起原於生體之物質之一部分而非全部。且存於酵素之物質中，至少一部為夾在之不純物，惟不知如何可使其完全分離之耳。

生物機能之大部分，作用起於酵素之存在，既述之如前矣。假若吾人能將生物之生命分解為各種機能，將各機能之酵素個個分離，則吾人對於生物之知識，將更進一層而窺得其堂奧矣。蓋複雜之問題，變為簡單；歸着於可以同法處理之數個簡單問題。喻以淺譬，一個之三十次方程式，使之歸着於三十個之一次方程式也。

酵素之最初發見者爲澱粉酵素。在一八三〇年時杜勃蘭弗氏曾預想其存在。至一八三二年，帕揚氏及帕梭氏始將其分離。可知此事之研究已久。爾來，此種研究方進行未已，已明其特質之酵素數約四十，而其大部分皆與細胞之重要性質相關。今且舉其重要者如次：特此種酵素之已知事項，與吾人將欲求知者間，關係甚淺，故亦僅作略述而止。

最初發見之種類，爲酒精工業所應用之酵素。澱粉酵素使澱粉起加水分解而生糊精（*Dextrin*）。糊精酵素雖不能與上述物質分離，而其存在則已確知。由其作用，使糊精轉爲麥芽糖。由此二種酵素之作用，澱粉糊即被液化，自粘性不透明之物，轉而爲透明之流動體。此液化現象，即爲兩酵素之反應體。最後麥芽糖酵素（*maltase*）更使麥芽糖起加水分解成葡萄糖，裂而爲兩分子。葡萄糖更發酵而成酒精。故此三種酵素，實爲酒精工業上重要之物。白麥、馬鈴薯及其他含澱粉之穀類以製啤酒及酒精之工業，皆基於此種酵索性質而成立者也。

酵素廣生於植物界，亦存於動物界。澱粉酵素多存於穀類、葉、幼芽中，馬鈴薯中亦有。凡有澱粉之存在，即莫不有此酵素之存在。至其作用，蓋植物在無根無葉之狀態中，欲構成其組織（如麥類

之發芽，不能求得適當之營養於外界；即液化其貯藏物質，使循環於體內澱粉酵素在動物之消化上，亦有重要功用。穀實、種子、葉中之澱粉，使溶而變為可以同化之物質者，即此酵素及其他二同類酵素之作用也。澱粉酵素由消化腺分泌，而尤以胰臟所分泌者為多，繁殖於消化管中之細菌所分泌者亦多。此微生物液化自身之澱粉，使成為麥芽糖，或直接以成葡萄糖。

吾人所已知者，尚有他種消化酵素。吾人所攝取之食物外觀上似甚複雜，實則簡單，不過三種類而已。一為碳水化合物（澱粉、砂糖），一為含氮化合物（乳之乾酪素及其他類似蛋白質），一為脂質（植物油及動物脂肪）。對此各種類，皆有相當之固有酵素；即對於第一類者為澱粉酵素及其他兩同類酵素已述於前矣；對於第二類，為胃膜所分泌之胃液素（*Pepsine f.*）及胰臟所分泌之各種酵素，所謂解脛蛋白酵素（*Trysin f.*）者，其中之一也；對於第三類有解脂酵素（*Lipase f.*）。凡此消化酵素，皆有共通之性質。即在其正規狀態下，使其作用之分子，變為簡單，而成一種可溶性簡單物質；即分解酵素是也。葡萄糖較麥芽糖為簡單，糊精較澱粉亦更簡單，同理含氮食物受胃液素作用而成之消化蛋白質（*Peptone m.*）亦較食物所合之含氮物為簡單。而由解脂酵素

所分解以成之脂肪酸及甘油，亦較脂肪爲簡單。

吾人消化器內使分子化爲簡單之目的，果何在？乎爲食物之吸收也；即使食物能通過消化系管壁以出管外。易言之，即通過體內是也。胃壁及腸壁，只容許簡單化以後之食物通過；其不曾化爲簡單者（即不曾消化之食物），決不容其通過，而仍留於胃或腸內。消化系內無分泌之酵素及廣布於食物中細菌之酵素，則食物不能被吸收，而不能供營養。肝臟之動物澱粉（Glucosène m.）或即由植物之澱粉而來（因其有相同之組成分），凝固不溶性血球素（Hirine f.）存於小兒體中以構成小兒之肌肉者，初不存於含氮食物中；自必由母乳中之乾酪素所成。此澱粉或乾酪素等必先使分解爲極簡單之分子狀態，分解之者即爲腸胃之工作。食物受此工作，始能通過消化系管壁，以入於循環系中（至少想像上爲如此）。在此系中，復受最初酵素之作用，即將已崩潰而簡單化之物質，再合而爲複雜之物質。吾人各有其特性，至少各個物種，保有其個性；不致於食牛肉而爲牛，食羊肉而爲羊者，即此兩作用之賜也。然吾人對此種再造酵素（*les diastases de reconstruction*）尙一無所知，故吾人在此亦不能再作更進之主張。在未知之前，則此問題尙在生理學之範圍內而

未入於化學之範圍也。余之所述者，只能止於下列一端。即一切分解酵素如胃液素、解胨蛋白酵素等，皆有加水分解之作用，正如澱粉酵素及麥芽糖酵素耳。

此外尚有二重要部類之酵素在，即氧化酵素 (Oxydase f.) 是也。此酵素者，非與消化作用有關。而為吾人身體之一重要機能之呼吸作用有關者也。動物有與植物相似之呼吸作用，即吸收氧氣而放出二氧化碳，此周知之事實也。明確言之，呼吸作用實一真實之燃燒作用。在高等動物，此種作用甚為活潑；能維持一定之體溫比外界溫度更高，而在下等動物及植物，則甚緩慢。尤其為植物，在日中時全為相反之葉綠素之同化作用所蔽，分解二氧化碳而放出氧，而不見二氧化碳之放出。迨至夜間，同化作用停止後，始能見及。

自化學見地言，呼吸作用者，即以空氣之氧，氧化其組織內之物質也。此種氧化，乃就氫、碳、氮、氧所合成之各物質間行之；碳氧化而為二氧化碳，形成氣體以排於體外；氫亦氧化而為水惟氮之一項乃為複雜。由動物之種屬不同，而形成種種物質排泄於體外。如尿素 (CON₂H₄)、尿酸 (C₅H₄N₄O₆)、馬尿酸 (C₆H₆NO₂) 等。此種物質，均為氮之不完全燃燒而生或者，所含之氧雖不足完全燃燒

所含氧之四分之一，然而較諸原有蛋白質含氧只九分之一者，已多含矣。（註二）

此種氧化作用將何以說明，其間乃有不少之困難存在。蓋自動植物所抽得之主要物質，在常溫下不與氧起作用。例如澱粉、砂糖、酒精，在空氣中均不生變化。然而在生物體中，則燃燒甚速，形成原形質及筋肉之蛋白質及其類似各物質，在空氣中皆不生變化；而在生物體中，則能燃燒，果不欲以生命力一語引來解說，則非以化學的說明解之不可。

吾人如借助於酵素作用，可得一見解，頗似真實。實際有一不變物或變化極小之物質，其固定游離氧之機能者，是曰氧化酵素。往昔有所謂漆酵素（Laccase T.）者，自中國之漆抽出；故有是名。自中國、日本、印度所來之木製之盆，黑而有光者，卽此漆也。是蓋植物之樹液，自樹初抽出時，爲微黃之白漿；放置空氣中猶爲薄層時，卽轉爲黑色；塗諸器物之上，乾後卽得黑光之表面。此種變黑現象，由日本化學者吉田彦六郎氏之預想，以爲與酵素有關；其後更由柏特隆（G. Bertrand）氏之研究，完全證實。蓋漆樹之液含有兩種主要成分：其一爲石炭酸及有若干類似於此之有機化合物，洋漆（Lacquer），其一卽氧化酵素之酚酵素（卽漆酵素）。如將其分離而置於空氣中，則兩者均不

變；在其混合物中，則亦不變；唯曝露於空氣中吸入氧氣，則急速變黑。

此黑化現象之爲酵素性，必以下列事實證明之：蓋酚酵素在其作用時，並不破壞任何物質，且使被氧化物固定其氧以外，自身並不有重量之增減；於此即可以證明。然求此證明於構造不明之洋漆，殊覺困難。反之，如將此酵素依氧化法，以一分子之水及一分子之醜作用於對苯二酚（ $\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2$ ），則得下式之反應。



由此以證明，甚屬易爲。蓋被作用之物質爲既知物質，故其反應方程式可得而列之。其中實驗之一，爲柏特隆氏所行者：二分克之酚酵素自身只含九十五毫克之氧者，可以使二百六十六毫克之氧固定於對苯二酚；更以酒精沈澱之，則得酚酵素，仍未嘗破壞；且含多量容積之游離氧。因此可知此現象必爲酵素性，毫無可疑。

酚酵素能作用於若干之有機化合物，其作用類似於呼吸，尤爲吾人所視爲重要者也。例如以酚酵素作用於焦性沒食子酸（或苯三酚），即得赤色沈澱（焦沒食子褐）而同時發生二氧化

碳。若同樣作用於沒食子酸或鞣質，結果亦然。且發生之二氧化碳尤多。蓋與吸收之氧四容相對，必發生三容之二氧化碳故也。此種氧之吸收及近於同容量二氧化碳之發生，實頗與呼吸相似；故此氧化酵素在生理之過程上，有重大之功用。對苯二酚、鞣質及沒食子酸等均與砂糖或蛋白質相同，在空氣中不起變化；僅氧化酚酵素有少量存在即氧化甚速。將此事實擴諸一般，氧化酵素者，誘發氧化使其所在之物質引起燃燒者也。證諸他方面，酚酵素或別種之氧化酵素廣布於各種植物中，其特質已明，故此種想像非盡無稽。

然而對此假說，亦有重大之困難在。酚酵素固能作用多種之有機物質如對苯二酚、苯三酚、鞣質、沒食子酸、愈瘡木酚等有一定構造及特徵之物質，而其誘導體雖曰廣存於天然間，或為天然物之直接誘導體。（鞣質廣存於鞣皮用之各種樹皮及樹木中；沒食子酸亦廣存於多數植物中，由微之作用而轉為焦性沒食子酸；對苯二酚則存於梨樹之幼芽，亦與葡萄糖相合而存於植物中。）然其廣汎之度，遠不及呼吸作用；以之說明植物之一般性質之呼吸，似不能盡合。

加之在生物體中，氧化作用對其他元素或不完全，而對碳則完全。食物中已同化碳之全部，均

經燃燒，其中百分之九十九形成二氧化碳，其餘百分之一，則形成尿素而排泄於體外。反之，酚酵素之氧化則不然，皆不完全。有如對苯二酚變化為醌，並不發生二氧化碳。且其氧化亦止於是。鞣質及沒食子酸亦僅一部分起燃燒。苯三酚、愈瘡木酚則更變為複雜之生成物。故呼吸作用果如酚酵素之作用，則必生成多量之副產物；而就吾人所知，則此種副產物之排泄於體外者並不多。尿素只百分之一已如上述。是則在生物體中將無限蓄積。此固事實上所必無而為理之所必然者也。以故酚酵素之研究愈深，解釋呼吸作用，謂基因於氧化酵素之念益覺無稽，而失吾人持說之勇氣矣。

於是吾人乃另求他道，以脫此困難。即謂氧化酵素不只此一種，尚有他種存焉。而此第二種之氧化酵素曰陳乾酪酵素 (Tyrosinase f.)。此種酵素多存於菌類中，前項酚酵素所不能氧化之物質，以此作用之即能氧化。其定名之所由來，即因其能氧化陳乾酪質。陳乾酪質在動植物界，分布極廣；而此酵素之分布亦極廣。故前項酚酵素之所能氧化之物質，存在不普遍，不能為一般呼吸作用之功能者，至此似可以解矣。然而非也，猶有一不能避脫之困難在：陳乾酪質酵素適於最簡單物質作用為複雜之物質；複雜之程度，且過於酚酵素。反之，欲求其將複雜物質變成簡單之化合物（二

氧化碳及水）將其完全燃燒殆不可能實言之，吾人對於此酵素其作用之情況至今多未明瞭也。不過因其有生成呈色物質之能力，疑其氧化作用之完全而已（有機物質，呈色甚爲複雜）。此酵素之作用，一似專以生成色素者；多數菌類及果食之新切面，曝露於空氣中，卽行變色；此種變色，卽由於此種酵素之存在。其他若烏賊之墨，麩包之焦褐，昆蟲之色彩，高等動物身軀之黑斑，以及黑人之黑膚，其生成之因，皆由於此酵素之存在。凡上種種，皆足以示陳乾酪質酵素之普遍性；而其對呼吸作用有重要之功能之說，乃愈求而愈遠；似其作用乃甚微緩，非可有功能於呼吸作用者也。

關於氧化作用，吾人已列酚酵素及陳乾酪質酵素二種酵素矣，而對於其爲呼吸作用之基因一層，皆不可確決一如預想；然吾人亦不必性急，因以卽作反對之結論。蓋氧化酵素之全部，尙在吾人知識界外。從來顯示此氧化酵素之痕跡，因而使研究更宜者，卽其在無色混合物中，具生成有色混合物之性質。混合物之變色，固爲觀察上之最便手段；然而決無理由以確定一切氧化酵素，皆生成有色物質。不僅此也，其不生有色物質者當尤多；既不生成有色物質，則其分離，尙有俟於實驗，而不能以觀察了之，困難亦固不待言。氧化細胞物質以達二氧化碳之酵素中，必有一個（寧謂之爲

若干個，蓋不能斷其非若干個之連續作用故也。因其無呈色現象，遂爲吾人所不察；假若承認其有此酵素之存在，則必有其特殊性質。意者只生活期間或旺盛之生活期間，始能有此必要條件以容其存在；事實上，動物之呼吸作用與其肌肉之收縮，有緊密之關係；肌肉勞動之時間內，呼吸即增，其所發之二氧化碳之量三四倍於靜處之人；死後則呼吸作用即停。設其不然，死後猶如生前之氧化，則一小鳥死後在三十六時間內，全部因氧化而氣化矣。

由上述事實，縱令呼吸及氧化可以歸因於氧化酵素，則此氧化酵素亦存於不安定之狀況中。將欲取出此種酵素，使不失活性之一部分者，乃屬不能之舉。因此上述之推測與實驗之結果，並無絕對矛盾；然遂謂其間有一致，亦失於妄斷；毋寧不知爲不知，以未解決作結論爲得。後章吾人自酒精發酵之研究，再當自側面觀察之。

茲更將述一種學說，謂氧化酵素對於呼吸作用，非負其全功能者。由巴哈及曲達（Chodat）兩氏之說，酵素在其氧化功能上，恐受被氧化酵素（peroxydase）或過氧化酵素（peroxydase）之助。所謂過氧化酵素者，其性質能分解過氧化氫及一般過氧化物，連其所含之氧於被

氧化物。由此假說，則生物體中必存有一種物質，與氧相遇，即生過氧化物。過氧化酵素乃將此過氧化物之氧，運於他種有機物，而使之燃燒。兩氏之論據，蓋以過氧化酵素之存在，較氧化酵素尤為普遍，而多數有機物（例如醚）在空氣中極易成過氧化物。

有機物之燃燒，只以酵素、氧化酵素及過氧化酵素等為媒介，而不借助於任何正當之假說，頗足引人注意。吾人寧視之為使既知事實作一般化。然而在承認之前，必先求其是否有必然性，是否由他道亦能異途同歸，得同一之結果，以證其成立。

讀者當嘗觀雜誌末葉所載之廣告矣，曾有電光貫射之巨人及一標語曰：『電即生命』。此種標語，不具理由，為一種不可證明之絕對形式之表示。以電連結於生命，此種事實固甚多，雖其關係為漠然無際，然吾人不可一日忽之也。常溫之下，不能氧化之物質，求其所以氧化之道，而以氧化酵素介入之；蓋不借酵素之助，只依化學親和力不能說明之故也。然而電之作用，有時較化學親和力亦為有力，有如醋酸鉀之溶液通以電流，即變化為碳酸鉀、二氧化碳、乙烷及氫氣：



由此實驗，則醋酸鹽中之碳之半數以上，皆完全燃燒為二氧化碳；果以純粹之化學方法，在同一溫度下，決不能達到此結果。由拍琴 (T. M. Parkin) 氏之說，電流亦能使焦沒食子酸氧化，得一物質與由醱酵素所氧化而生成者（焦沒食子）相同。在化學文獻中，關於有機物約略近似於天然物者，能由電流氧化之紀錄尙多，故亦為一般之事實。（註三）電之生命作用 (*Les actions électro-vitales*) 之機能，本來未明，決不能斷決生物體中以同一原因而作用。故吾之所述於此者，只示其可能性，及其可引起注意之趣味材料而已。

欲以酵素作用，說明肌肉勞動之增進燃燒，甚不適當。以電流原因導入，則說明甚易。實際上電流之能介入，最顯著者乃在肌肉收縮現象之一端。

酵素之分別考察，姑止於此。與生命現象有關之酵素，縱尙有知者，過於深入末節，不能引起新事項，不必再述。唯尙有一種酵素，具特異之性質，頗有研究價者，其物唯何？即變酒酵素是也，容述於次章。

（註一）並非無例外。例如反噁生成物之一，在某溫度分解時，則此生成物在此溫度以上，速度決不能增加。電晶石加熱

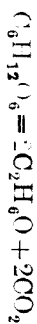
愈強則氧之固定愈速，但有一極限，其溫度不能近於二氧化銀之分解點，須在此溫度以下。

(註二) 尿素多爲加水分解之生成物；隨之而生者爲碳之氧化，此極重要者也。

(註三) 氧化起於陽極，還原現象起於陰極，恐其數尚更多也。

第六章 酒精發酵

砂糖、蔗糖或葡萄糖受顯微鏡的生物即所謂酵母之作用，即分解而為酒精及二氧化碳，此種現象是曰酒精發酵。就葡萄糖言之，其反應如次。



由此式可知葡萄糖百八十克，可生酒精九十二克，二氧化碳八十八克。（註一）就蔗糖（甘蔗或甜菜之砂糖）言之，其反應如次：



由此式，三百四十二克之蔗糖，可得百八十四克之酒精及百七十六克之二氧化碳。試一細檢蔗糖之分解，乃由兩段進行，其作用亦同歸於葡萄糖之作用。換言之，即蔗糖自身並無發酵性，第一步由酵母中所含之一種轉化酵素（Sucrase f.）之作用，加水而成一分子葡萄糖及一分子果糖之混

合物。葡萄糖與果糖有同一之組成 $C_6H_{12}O_6$ ；所異者，僅在原子之配列。第二步則混合物中之葡萄糖與果糖各自發酵而為酒精。故由酵母所起之酒精發酵，皆為同一作用；就發酵性糖類之一所述者，可概括及於其他之一切糖類。

此種變化之原因何在？現在一般所知者，為由於部希納之變酒酵素 (zymase F.) 之作用。此酵素之作用，研究頗難；故發見以來及於今日，雖已有二十年之歷史，而在此歷史中，尙有不明之數章在。不過變酒發酵為自古以來所知之重要現象，久為化學者注意之焦點。化學者各逞其想像，各張其學說，化學界上，曾無一問題紛紜矛盾有如此其甚者。兩方面所倡之說雖多，其理由中能為科學的徹底說明者，乃無其一。生命力說之主張者及其反對者間，導其最後之爭訟者，論題乃在酒精之發酵。吾人尤當憶及。

酒精及二氧化碳之生成之生物，即顯微鏡生物酵母之存在與其生存，有密切關係；最先發見及證實者為巴斯德氏，此固周知之事實也。當時以為葡萄糖為極安定之物質，欲解釋其發酵現象，不求諸生命力，決無成功之望。蓋當時不知酵母以外，有化學試藥可施於葡萄糖，使起同一作用。非

時不知此試藥已也，卽其物能使起作用，堪與比較者，亦屬不知。在整個化學上，曾不見有一物能與此相仿；在常溫下起此偉大規則的分解。故在當時以爲分解之原因，欲在化學區域以內求之者，必屬無效；乃不得不求助於生命之神祕，以試其解釋。

一方面當時已有數種酵素，爲人所知。有如變澱粉爲麥芽糖之澱粉酵素，卽其例也。澱粉分子，具何種構造，雖不之明；其生成麥芽糖也，分裂爲數部分，則均無異議者也。雖在發酵作用亦使砂糖分子裂而爲酒精及二氧化碳，與上述者其間頗有類似現象。當時之學者有見及此，皆欲以酵素之存在說明發酵。提倡此說者當以一八五八年之特勞柏 (Moritz Traube) 氏爲其嚆矢，繼起者爲柏特羅氏以獨自之立場而倡此說（一八六〇年），因之在當時學術界上，曾風靡一時。

乳酸、酪酸等之發酵，與酒精發酵有同一現象。此種發酵現象，吾人所知者已有多種，勢之所至，雖對他種發酵現象，亦將以此種酵素性之見解推衍及之；以爲變酒發酵既由酵素而起，則其他之酵素，亦當有此發酵現象；然此擴大推演，實證上乃起極大困難。欲求酵素說之勝利，攻破生命力派，則非證實酵素之實際存在不可；然而與此不同性質之澱粉酵素，雖極易抽出；而對於發酵酵素，迄

未能成功。因其不成功，欲加辯護，乃生出種種假說；愈演愈復，益墜於五里霧中。柏特羅氏有鑒於此，乃斷定酵素事實上在作用之瞬間，即被破壞。彼曰：

「關於增進各種發酵作用生物之起源及其許多事項，吾人根據巴斯德氏之數種發見，已有確定之觀念。然此處復有一新問題之提出矣，所謂問題者何，即在發酵現象上，分析其所起之化學變化時，是否果能導入照可溶性酵素之特殊原質所誘起之基本反應。且此原質，是否自行生成自行消耗；在其過程上，是否為化學變化。欲斷定此種酵素之存在，或分離此種酵素，必須求得一種特別條件，使可溶性酵素之分泌速度，大於其消耗。」（註二）

在此說明中，有一極明顯之矛盾不能容許其存在者。最初既謂酵素為不破壞之物，與以正當定義；復又欲迴避困難。以二氧化碳及酒精之生成遷入於其複雜構造之酵素之連續生成。換言之，即比較的簡單現象，換為難解之複雜現象；作為酒精酵素存在之推想。故其推想與實驗矛盾，實屬當然。（註三）

然對於發酵酵素之有存在之可能性，固盡人所承認者也；而生命力說之主張者亦未嘗反對

此可能性；苟有反對者，實不可思議之錯誤。（註四）欲舉其證，並非難事；巴斯德氏曾有言曰：「柏特羅氏效貝納特氏欲以實驗的證明維持其假說（在今日言之此假說爲無價值之假說）；當時果能發見可溶性之變酒酵素，則余自當喝彩以歡迎之。其發見當與許多興趣事項同現，故余之立場決不因以遭遇困難也。」（*Comptes rendus*, 30 décembre 1878.）

「尚有一事當附述於此：即在各種之發酵上，發見可溶性酵素；或不借助於細胞而使蔗糖生成酒精；人或有過慮者，以爲余將失其立足點。實則在余，對此不過視作一謎耳。」（同上）

加之巴斯德氏及其共同研究者，即着手於此理想的酵素（變酒酵素）之研究。自常情上言，此種研究，當爲反對派之工作；而巴斯德氏竟爾自行探求。

「多數人皆埋首於變酒酵素之研究，在巴斯德之研究室內得尼可昌（*Deny's Cochin*）氏曾作種種計畫，終未得結果。巴斯德氏自身亦曾作種種實驗，以求解此問題。當余入彼之研究室時，曾見其以研鉢壓碎酵母細胞，或使細胞凝結，或以濃鹽水浸細胞，令細胞液滲透外皮以便抽出努力於可溶性酵素之獲得。然其努力皆歸無效，變酒酵素終不可得。故酵素之存在縱屬無可置疑，而

在巴斯德氏終不認其存在爲事實】。（註五）

然而變酒酵素存在之事實，在巴斯德氏實無關得失。此種偉大發見，只以證明發酵非化學試藥之所可興起（此爲利比喜氏所期望者），而必起因於生活之生物。至於生物究以何種方式實行其作用一層，與發見之價值實無何等關係。說明方法可任意選擇，固不論其爲反對派，抑其自身。蓋在當時狀況，一切之說明方法，皆無確立其說之證據。特其所擇者，乃不認有變酒酵素之存在。在其學說全體，能發見此一致之點，則爲事實。不過變酒酵素縱令存在，於無生物存在則無發酵現象之限度內，巴斯德氏之說依然成立。變酒酵素後此已確證其存在，惟其存在現今已確證其只可求於植物細胞中，故苟無酵母，決不能起發酵現象；致巴斯德氏之說至今尤能成立，固毫無缺點或謬誤在其間。

巴斯德氏後約十年間，經無數之計畫；至一八九七年，酵素之分離始告成功。然此不過技術上之完成。成功之績，天未降與巴斯德氏，而降於其後人而已。其方法亦極簡單，不過破碎細胞而壓縮之耳。酵母細胞之直徑甚小，約在百分之一毫米以下，且具彈性。故其破碎乃極困難。變酒酵素發見

者部希納之所以獨得成功者，即在此點。必以堅硬之細砂或滴蟲類之砂質外殼混和方可破碎。氏以細砂與細胞之混合物，置於鉢中，以鐵杵搗之，再用水壓榨之，漿汁漸出，壓力漸高，直高至每一平方釐米達五百仟克以上。由此方法，一、〇〇〇仟克之酵母，得搾液約二分之一升。

以糖類溶入此搾液中，使之發酵，發生二氧化碳。更將此液蒸溜而得酒精，於是知其含有變酒酵素矣。四十毫升之搾液與八十克之酵母相當者，能使十克之糖，完全轉化為酒精。其發酵與普通之發酵相似，得五克之酒精及近於同量之二氧化碳。（三升之二氧化碳，其量足使液體呈泡沫。）他方面在杵搗之際，已證明無殘存之完全細胞。（註六）則此發酵之能力，自必歸依其溶解在液中之物質。換言之，即無生物之存在，亦可使酒精發酵，已證實之矣。雖然，此所謂生物者，蓋取俗義正在生活之生物也；此種界限，似頗重要。

酵母搾液所以起發酵之原因，是否另有原因，當更一究之。吾人所得之反應形式，此外別無可立；祇得察此反應，是否能歸於通常之化學反應。然所謂酵素，必具若干之必要性質。尤以其自身重量與其所作用之物質間有超比率性質，已為吾人所熟知而在此實驗中，卻不現此超比率。部希納

氏最滿意之實驗中，不過以一百毫升之搾液得自十四克之酵母，能使二十三克之糖類發酵而已。說者謂近來加以種種改良用勒勃得夫 (Jabeloff) 氏抽出法，即自乾燥酵母之水浸法所得者能使三倍前量之砂糖發酵；實非不可能之希望。縱令變酒酵素較通常酵母缺乏活性，亦不過為方法上之缺點。因部希納及勒勃得夫兩氏方法欠佳，於所得之粗製物質中，所含之變酒酵素之量甚微。故其後求濃縮物質而施之各種試驗，亦均不成功。

酵母尚有一不容掩飾之特性，即其作用進行，不致影響自身而趨於衰老。此與普通化學試藥截然不同者也。然而驗之於變酒酵素，即又生一新障礙；此障礙且使生物學之研究失其確實性。蓋變酒酵素，雖不使其作用，亦不免衰老；縱令貯之於冰中，不過數日，通常即在試驗期間，已失其活性。故以酒精酵素，加於一定量之糖類中，俟其發酵終止後，再加入糖類，即見其不復有發酵之能力。此能力消滅之原因何在，不能不令人疑惑。或者以為酵素已受損傷，恐不盡然；尚有自然變質之原因存在。

陷於衰老狀態之酵素，加以酵母之煎汁，則其性質及能力又復舊觀。而此煎汁固無發酵能力。

者也。由是可知酵母液中尚存有一種物質，對於沸水具抵抗性，而為酵素所不可缺之助酵素（*Zymase F.*）之存在。故發酵中所消耗者，不為酵素而為此種助酵素。換言之，酵素比諸助酵素，為更安定之物質。此種假說似頗有存立之價值。更有人以為酒精酵素之漸次消失，歸於解蛋白酵素（*Trypsinase F.*）之消失。然此假說，能否使問題不陷入複雜，除去困難，尚不可知。

此外尚有困難之點存焉：即酵母液中之發酵能力與酵母之能力間，無一定之比率是也。自一千克之新鮮酵母所抽之液，二小時內最多亦不過使五百克之砂糖轉化為酒精。如以同量之酵母撒佈於糖水，則同時間能使四十仟克之糖轉化為酒精。由勒勃得夫氏之證明，則酵母中尚有某種酵母，其液汁全無發酵能力者。然則巴斯德氏以前之失敗，未得發見者，亦恐係此種酵母之故。

在各試料中，酵母活性之變化與其抽出液之活性間，毫無關係。酵母之活性極大時，其抽出之液量，並不豐富。

最後，酵母與酵母液間所得發酵之糖液，其濃度不同，亦困難之一也。酵素即酵母抽出液在百分之五十之糖液中，尚能進行發酵；而酵母則在此濃度之糖水中，完全失其作用。對於防腐劑，二者

之影響亦不同。葡萄液加百分之一之甲苯，酵母即失作用；而其抽出液則不然，仍能進行發酵，毫不受防腐劑之作用。如酵素真為酵母活性由來之原質，決不兩歧至此。

由上四項之矛盾事實，吾人乃不能有一定之結論。故酵素之是否存在，固未能以最完美之方法證明之；然則此種現象果能以化學試藥之作用說明之乎？是亦困難萬端者也。假定有一種試藥能令葡萄糖發生二氧化碳，轉化而為酒精，同時酒精及二氧化碳均以游離狀況存在，試藥不與之作用，是則為化學上之異常現象。蓋不與周圍物質以損傷，亦不自周圍奪取物質之現象，與一般之化合物通性相矛盾者也。大多數之化合物，決不能無理由的作用於別一物質，苛性鉀分解草酸發生二氧化碳而生成蟻酸；此時苛性鉀即奪取蟻酸而為蟻酸鉀。酒精發酵則不然，在此複分解中之葡萄糖及酵素，結局毫無關係。苟以此為化學作用者，則可謂之化學作用中之奇象矣。

一方面亦有說以駁此議論之非。過錳酸鉀使過氧化氫分解為水及氧，其自身雖分解，然對於水及二氧化碳，並不有所奪取；此固正規之化學作用。氧化銀及過氧化鉛亦同有此作用，雖曰糖類異於過氧化氫，為安定之物質，決不能謂為無一物能使糖類分解，而自身亦分解者。更進求其物質

之分子量設其作用正如過錳酸鉀與過氧化氫則分解一分子之葡萄糖其物質亦必須一分子或一分子之相當部分。然在實際上用不純之酵素一百克，可分解葡萄糖一百八十克。假定純粹酵素占純粹酵素之全量即其分子量當爲一〇〇；果以其所含純量只百分之十（由一可信之假說，則其分子量當在一〇以下。此種小分子量之物質，已全部明瞭；固無一物質，足以使葡萄糖起發酵作用者。故酵素一分子之分解，必使糖類起數分子之分解矣；此一說也，與純然酵素說相對立。酵素試藥 *Yeast-Extract* 之連續生成機作說已述於前者；更足以引起困難，見解蓋不可信憑；似乎以後說爲愈。然則變酒酵素何以異於其他酵素？異常性之原因何在？則爲未解之問題，留存於世。部希納氏解此二問題曰：「變酒酵素者，酵素之一。近於有生物質（une matière vivante）者也。」此種解答，一見似甚明瞭；實則在科學上言，未具說明體裁，不過指示類例，求其說明於將來而已。

外膜在細胞爲生存之保障；外膜不存在，則少許之動搖，皆足以使外液與細胞內容物相混合。然在短時間內，細胞膜似亦非生存之必須條件。蓋細胞膜者，保護生命，而非創造生命。部希納氏之抽出方法，其根本僅在剝脫細胞膜，去其對外界之防護，使失其個性而已，未嘗奪其生命。故於其壓

榨而得之液中，尚存有酵母之各性質。

勒勃得夫氏之方法，外觀上比諸部希納氏似更溫和；然細胞實質之強半，使放出於浸液中；所加於細胞之損害程度，亦不下於部希納氏法。以之貯於壇中，均可視爲一個不全性細胞；放置之則自歸滅亡。換言之，酵素性之漸次衰老，固無異於細胞也。不全性細胞，只有形態上之變化；對於糖類，仍有作用之能力；加入糖類卽是延遲其衰老之期。且不全性細胞仍放出二氧化碳，可知其仍營呼吸作用。糖類一百克生成酒精，只發生八十五克之二氧化碳，卽可推知其仍營同化作用。反之，機能之基因於形態構造或細胞核者，自必消滅，而不能期待再生。同大細胞一如母細胞。吾人於此，必須注意者，自酵母取液，無論其處理方法如何慘酷，細胞之原形質物理的化學的均不起性質之變化。因此所得之液汁爲失去統一性之原形質，其所表現者，自亦不爲單純之酵素性質，而爲生命之諸性質之和。酵素存於其中，固不必論；同時未及毀滅之細胞機能亦滲合其中，統一性既失，乃毫無調節；酵素之存在，因以不明，或且使其陷於痲痺狀態。

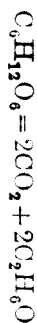
含有變酒酵素之植物，不只酵母一種；下等植物多數含有，尤其爲黴菌類爲最普遍，多可抽得。

不過在酵母及東方各國所用之麴黴 (*Aspergillus oryzae*) 及白黴 (*mucor amylomyces*) 等，其酒精發酵能力者，其含量特大；此等黴菌，近亦輸入於歐洲矣。高等植物中，有時亦含有多量之酵素，引起酒精發酵懸於空中之果實，斷絕氧素之供給，亦生成酒精，而放出二氧化碳。此亦見於往昔之記錄中，爲勒沙特利 (*Lecharrier*) 氏及貝蘭米 (*Bellamy*) 氏所示者。近來馬則氏、高留斯紀 (*Godlowski*) 氏及步爾斯成留 (*Palszcynius*) 氏相繼研究，反覆試驗，均得同一結果。貯於水中之青豌豆，發酵亦甚活潑；僅依分子之內呼吸（斷絕氧之供給之狀態下），四十二小時內生成同量之酒精及二氧化碳，豌豆之重量則失其百分之四十五。（註七）此種現象研究非易，得如斯明瞭者固甚少。蓋微弱之發酵，不易檢出二氧化碳，唯可檢證酒精以滿足此研究耳。

柏特羅氏、得芳 (*Devaux*) 氏及馬則氏求得多數植物之器官中之酒精發酵，皆用此方法；因以知酒精酵素之分布甚廣。既若是其廣，則其在植物生理上當有一種功能，而引起問題矣。

植物有呼吸作用，吸收氧而放出二氧化碳，已述於前矣。此呼吸作用可區爲二：一則爲分子內呼吸，不必有氧之存在，在細胞內部行之；勒沙特利氏、貝蘭米氏、馬則氏、高留斯紀氏及步爾斯成留

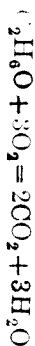
氏之實驗，皆此也。一則爲外部呼吸 (la respiration exterieure) 必須外界之氧，爲其正燃燒作用。由于所摘述之各結果以觀，則所謂分子內呼吸者，當不外乎酒精發酵；細胞常將其所含之澱粉及糖類，行加水分解，由酵素之作用分解爲二氧化碳及酒精。



分子內呼吸之得測定者，其反應皆依上式進行，已得證實。尙存爲假說者，卽其擴張；欲認一切分子內呼吸，皆由此道而行；似亦頗真實。乃至普腓斐 (Pfeffer) 及物脫曼 (Wortmann) 兩氏，更進一步，謂卽在有氧之氣體中，通常呼吸亦不外乎酒精發酵。故酒精發酵，實呼吸之一階段。由此發酵所生成之酒精，更由次式爲不完全之氧化：



而爲葡萄糖及其異性物之氧化物；或依下式作完全氧化：



由此說明，則兩種之呼吸，其初程皆得歸於同一之機作，甚爲便利。若絕其氧之供給，植物窒息。二氧

化碳及酒精乃凝聚。生理學者所謂呼吸係數 $\frac{CO_2}{O_2}$ ，即放出之二氧化碳對氧之比率，乃得以說明。自化學見地觀之，此說不在說明第一階段，而在除去第二階段之困難。在實驗室中，酒精氧化，實生醛或醋酸（註八）與糖類迥然不同。吾人即不謂其不能生砂糖，然究由何變化以生砂糖，則非吾人所知。欲加以說明，恐非有待於特殊之酵素作用不可。一方面，由其說明，入於簡單者，至此又陷入於複雜矣。但一方面在植物組織間，醛能氧化為糖，既經證實，則以酒精之氧化生成物假定為甲醛，則其困難可因以減輕。

總之，以酒精發酵，解釋呼吸之舉，頗有注意價值，與前章所述之學說，成立於氧化酵素（Oxy-lase 及 Peroxy-lase）存在者，迥然不同。

（註一）此為給呂薩克氏所立之式也，並不甚確實，即二氧化碳酒精以外，通常尚有百分之一以下之琥珀酸，百分之三內外之甘油；此二者之量雖微，在本現象之化學的研究上，實不可忽視者也。

（註二）Comptes rendus, 29 juillet 1878. 巴斯德研究所圖書館所藏之 Comptes rendus 中，關於此項記載之一頁，有巴斯德氏之摘記曰：「余欲指摘貝納特（Janke Bernard）氏之錯誤時，柏特羅氏必曰：『雖生可溶性酵素，但立即分解。』巧辯若此，誠世間之不可多得者。」巴斯德與柏特羅兩氏間之論戰，發端於貝納特氏遺

稿發表之後。

(註三)物質一經發生，即立刻消失之說，在酵素問題，爲必然情形。俄斯特發爾德 (Osterfeld) 氏則主張：(一)在其物質未分別以前，(二)在生成物質之生成速度未測定以前，(三)在其分解速度未測定以前，此說毫無學術的價值。

以錫斯脫 (Schnitzer) 氏之言言之，即「一種假說，必經證明，證明爲不可缺，否則即無價值」。

(註四)馬鐵命氏曾述之如下：「巴斯德氏根據其實驗結果，主張葡萄酒之發酵，必須有啤酒酵母之存在。一方柏特羅氏則曰葡萄酒之爲酒精，由於酵母所生出，即由啤酒酵母自身放出之一種無生命力酵素之介在而成。二十年後，德國學者部希納 (Buchner) 取啤酒酵母加以充分壓榨而得一種液體，絕無細胞之痕跡者；此液置暫時間亦能使蔗糖水發酵，因以證實柏特羅氏之說。於是柏特羅氏之天才的鑑辨力，戰勝巴斯德氏之巧妙實驗。」

(註五)在 *Em. Roux, Lille* 之講演 *Annales de la brasserie et de la distillerie, p. 512, 1888*。

(註六)只以數個細胞所決定之結果，不能充分說明之也。

(註七)種子類有只須接觸，即能使糖水發酵者，故其活性雖弱，作用全如酵母細胞。

(註八)醇亦爲酒精在生物體內氧化生成物之一。突利那 (Trillat) 及曹登 (Santon) 兩氏曾示在空氣接觸之下，酵母作用於稀薄酒精，能急速氧化，使酒精轉爲醛。

第七章 有機構體

一八三五年，杜馬氏所立有機化合物及有機構體之差異，在化學者之精神上，有截然不同之區別。由氏之說，有機化合物在化學之區域內，有機構體則屬於生物學之範圍。時至今日，往昔在生物學範圍內者，大部分均須待化學之解決，此種絕對定義，已不復能存在。但全然遺忘，則亦不可，蓋有由焉：

有機化合物者，生物即動植物體內所生成之一定化合物也。擴張其義，此化合物之誘導體尚含有碳元素者，則亦為有機化合物。例如蔗糖之由甜菜及其他植物所抽出者，為一種結晶物質，不問其組成及性質之來源如何，恆為同一。故蔗糖乃有機化合物。甘油之得自植物脂或動物脂者，亦為一定之物質；即自不同之原料不同之時期所取得者，亦為同一之物；毫無可以區別者在。此種一定之化合物，自動植物以純粹狀況抽出，如蔗糖甘油者，皆入於有機化合物之門類，加以誘導體，今

日其種數恐已超過五十萬。

生活細胞中之一切要素，以爲皆以若是之簡單狀態存在，則誤矣。即以普通所知者爲例，有如澱粉，多數植物中以小粒狀態存於曝露日光下之葉中；有時則存於種實，如小麥米粒之大部分，皆由澱粉構成；有時則存於根中，如馬鈴薯等是也。

澱粉之原料，爲數甚多；試就其抽出方法觀之，則見其與砂糖，絕然不同。彼砂糖者，不論其原料爲甘蔗爲甜菜，凡處理而得者，恆爲同一之生成物。澱粉則非，米之澱粉異於馬鈴薯，亦異於小麥，無同一之組成，亦無同一之性質。試以水和入澱粉，而得乳濁液；取此乳濁液加熱，即可見其膨脹溶解而成透明之稠糊，外觀皆相似，實則其溫度各異，有如下表：

澱粉種類	膨脹	溫度	澱粉種類	膨脹	溫度
馬鈴薯	六十五度	玉蜀黍	七十五度		
小麥	七十度	米	八十度		

今更以果糖及葡萄糖爲例示之：葡萄糖將偏光面向右旋而果糖則使其左旋，二者之性質殆相反；

而仍有充分之共通性質，使其能表示於同一名稱之下，所謂糖是也。澱粉亦如是，彼等有共通性質，得並列於同名之下；復具有各異之性質。故上表所列之不一致，不足為病；譬諸果實，或者含葡萄糖，或者含果糖；與此相同，小麥含一種之澱粉，米則含他種之澱粉。

雖然，此種說明，似甚簡單，實際則不然。一粒之澱粉，直徑不過百分之幾之毫米，其中心與表面，已異其質。投諸沸水中，澱粉果為均質，膨脹當自表面始；今則不然，膨脹乃起於中心部。果此種不同之各性質，與不同之各澱粉相應者，則此一粒之中，已有不同之澱粉層相重而組成；今每種植物，既各有一種之澱粉，而此一種澱粉，又各含有不同之澱粉層，則其複雜當不難想見矣。故澱粉之分類，今且置之不述；且述其通性，即所謂澱粉者，含下列各性質之各物質也：

- (1) 化學的組成與下式相當 $C_6H_{10}O_5$ 。
- (2) 此化合物不溶於冷水；在沸水中，則膨脹而成稠黏性之糊，與碘相遇，即呈藍色。
- (3) 由酵素作用，即轉為結晶性之葡萄糖及麥芽糖。
- (4) 由稀酸作用，即轉化為葡萄糖。

吾人對於澱粉，與其問由何原因而有各異之性質，不如研究此相似之共通性質之所由來，實為進一步之研究（註一）

以上所述只就澱粉而言，實則他種物質，多有如是者。例如蛋白質，真正代表的型式固為卵白而在動植物界中，復有多種之種類（類似蛋白質）存在。一切之類似蛋白質，皆各有不同之性質以確保其個性，同時更有若干之重要共通性質。就此共通性質，吾人可概括而為一類有如動物膠、植物纖維、阿刺伯樹膠、彈性樹膠、乳之乾酪素等，皆得與澱粉或蛋白質等列舉並存。在現今狀態，對於純粹動物膠，不易立一定義；蓋他種有機化合物，加以適當處理，即足以與動物膠一致者也。

此種物質，皆為有機構的（organic）。只能在其化學性質之中，求其相近之點，以說明其類似。以故澱粉纖維素雖有相同之實驗組成式 $(C_6H_{10}O_5)_n$ 之碳水化合物，而蛋白質、乾酪素動物膠皆同為複雜之含氮化合物，樹膠為簡單之炭氫化合物；自化學見地觀之，其間之差異，並不小於石油、砂糖或炸藥間之差異。

類似點在物理的性質方面，較化學的性質尤為明瞭。所謂有機構的一語，即喚起構造（structure）

三三三之觀念。一切之生物體皆各有其獨特之構造。吾人如更進而詳究之。所謂有機構的。各物質當必有共同特質之存在。詳究之結果。果有一驚人[？]之事實存在其間。此事實爲何。卽一切皆不爲結晶性。換言之。卽一切物質。皆不如無機化合物或其他之有機化合物。得之於結晶狀態。

吾人於此。乃更導入結晶問題。而檢討結晶果爲何物。結晶之最顯著性質。爲具有一定之形狀。(註) 譬諸純粹水晶之結晶。以兩個相較。則其對稱之二面。有嚴密之同一角度。此種性質。在一切結晶之純粹物質皆屬如此。不但此也。且此二結晶之密度、透電率、屈折率、光轉偏極本領。皆屬同一。換言之。卽有嚴密相同之物理性質。

結晶學在結晶面角間。有一定關係。由其法則。則此結晶者。乃粒子以規則的積聚而成。爲簡單計。以此粒子視作化學分子。則結晶可視作此種分子之聚積。此種聚積型式。卽爲結晶形狀之所由判。例如水晶、螢石、岩鹽等皆然。恆爲同一。蓋外形由此型式而生者也。不能結晶之物質。如有有機構體者。卽不能行此規則之積聚。其所以不能之故。必其分子有異於通常之分子。

此等分子。無同一之性質。其集合也。或則得高程度對稱之結晶。例如正六面體。或則得低程度

對稱之結晶。可知分子之積聚，其規則性之程度並不齊一。欲知分子之性質，何以支配此不齊之程度，一加探求，即可知其重要關鍵在分子之繁簡。換言之，即在構成此分子之原子數。據勒格爾（Letgers）氏之研究，在對稱程度甚高之等軸晶系或六方晶系中所含者為：

原子一個之分子（元素） 八五%

原子二個之分子 八八%

原子三個之分子 五三%

原子四個之分子 四〇%

原子五個之分子 五〇%

原子五個以上之分子 二〇%

由此表以觀，可知分子愈簡單者，愈易得對稱的結晶。追論其原，必歸於分子自身具對稱性。今以水為例，以便說明：水之分子為 H_2O ，以苛性鉀 KOH 比之，則水之一氫原子，易為鉀原子，後者之對稱程度必小於前者。此可以啞鈴為譬：兩端鐵球之一易為木球，其對稱性自然減小，而小於兩端鐵

球者矣。如水中之氫原子易以複雜之基，如醋酸鉀 ($C_2H_3O_2K$)；則其對稱性更爲減小，以同一理由，氯化醋酸鹽 $C_2H_3ClO_2K$ 較諸醋酸鹽尤爲減小。故一般簡單分子具高度之對稱性，此對稱性即傳於分子所積聚而成之結晶。於是複雜分子乃得對稱程度低少之結晶，擴而張之，則有機構體之所以不能結晶者，當由其分子更爲複雜之故。此種想像，可由澱粉與蔗糖二者證實之。澱粉者，有機構體之模範物質也；與此分子組成極相似者爲蔗糖。澱粉無結晶性，而蔗糖則有結晶性。今將二者比較言之：

澱粉分子甚大，其程度雖不可知，由他方面之可信理由，得推知其爲蔗糖之二百倍至千倍，至少亦爲五十倍。蔗糖之分子成於四十五個原子，則澱粉當含五萬原子，至少亦有二千個原子也。此種原子，非以同一方法配列。澱粉極易變爲麥芽糖，可知澱粉分子中縱不以麥芽糖之形態存在，亦必以其近似形而存在也。故澱粉之分子，乃麥芽糖之不完全分子所集合之大團。（澱粉轉爲麥芽糖時，必吸收水分；可知其原爲失水之麥芽糖。）此分子既類似於麥芽糖，姑以麥芽糖之分子名之。澱粉分子有如斯構造，則其性質頗易說明；例如澱粉何以不結晶，即因其分子複雜也。由原子

六個所成之分子之結晶，其對稱性已甚缺少；則六百個原子所成之分子，其結晶當然全缺對稱性，而為不規則之聚積。所成之體不必如玻璃之有等方性（即在一一切方向皆有同一性質；玻球之直徑，無論用何種物理方法，均不能辨證其與他直徑有異。）不過其外形無定而已。由此以論，則所謂有機構體之非結晶性一語，殊欠嚴密。蓋實際非不結晶也，所結者為無定形晶系之結晶耳。雖然，斯說也，頗近於戲言，不得不有以補充之。結晶者，非僅以外形為其唯一之特質（即面積及其間一定不變之角度等。）光學性質，尤其以偏光觀察此晶時所起現象，亦為特質之一。得起此種現象者，不僅結晶已也；若干之液體，在某種條件之下，亦示同樣之現象。結晶之觀念至此，乃大擴張，定義乃不由外形而依屬於光學性質。一切物質，縱無一定之幾何學的形態，而仍示此光學的性質者，即不能不認為結晶，而為無定形晶系之結晶矣。多數之有機構體，皆屬於無定形晶系，澱粉尤然。蓋以偏光觀察澱粉所得之現象，極似結晶體所示之現象也。有機構體之另一型式之植物纖維素，其性質亦極類似於澱粉；試以純粹纖維素之木棉纖維，置於二個泥科爾柱間，則亦起美麗之呈色現象，有如結晶（註三）故有機構體轉為固體時，亦成結晶狀。特其分子甚為複雜，使其外形不能為規則的。

定幾何的形態，於是有所謂不結晶之性質（通俗意義）。果認有機構體有其特殊構造，則說明甚易矣。

由此觀念，澱粉間之差異，亦易了解。澱粉之分子，非由同數之分子而成，故分子乃非同一大小。某種澱粉，其分子之大十倍於他種，此非僅想像，且已認其實存。大小雖殊，其為澱粉則一。澱粉之為澱粉，果以下列四性質所示者為其定義，則就此四性質一研究之：（一）在溫水中成為糊狀；（二）遇碘而變藍；（三）由澱粉酵素之作用轉化為麥芽糖；（四）由酸之作用轉為葡萄糖。澱粉既為麥芽糖分子之集團矣，自必有第三項之性質；麥芽糖能由酸而轉為葡萄糖，則第四項之性質必具。至於第一性質，當亦必具。澱粉既以麥芽糖為分子，假定其五十個者成糊，則其多一個或少一個，決不失其成糊之性；唯其成糊之溫度，因以上下而已，所餘而未解者，只第二項而已。遇碘為而變藍，似為物理性質；果其如此，則譬如建築物之顏色，決不因加一石失一石而變其色。

故分子之大小雖異，以求解澱粉之種類，絕無困難。而澱粉之不可分類，由此可知其為當然。假定某一澱粉之分子，成於五十個之麥芽糖及其他二千個之另一種分子，則嚴密言之，當合

2000-50 = 1950 種之澱粉。

然而此事並不與實際相符。

以上之例，皆以澱粉爲例。今以植物纖維素及阿刺伯樹膠言之。如澱粉分解生麥芽糖，纖維分解則生葡萄糖，樹膠分解則生兩種砂糖，即分解乳糖 (Galactose) 及樹膠醛糖 (Arabinose) 廣存於動植物界之蛋白質及乾酪素，亦與前例相同，分子極爲複雜。一般言之，有機構體之分子皆大於礦物及結晶性之有機化合物。

在目下情形，此種大分子，將以何法表示其集合爲任意之集合，抑依一定之規則而集合？此種集合由何力而生？由何力而維持？此種集合是否爲生命物質之特徵？以人工能否製成一種物質具有同樣之構造及性質？縱不認其爲生命之特徵，則其在動植物分布何如？是其廣？凡此皆不能作一確答。蓋吾人對此等物之研究，進步甚少。然而有若干結果，有一述之價值。

今當始於定義有機構體之大分子，爲別於尋常分子計，名之曰反電荷膠粒 (micelle)。反電荷膠粒雖曰比普通分子爲大，實亦極小之物。其直徑約爲十萬之一毫米至百萬之一毫米間。須集

其一百萬至十萬萬個，方可達吾人所能想像之最小物質集團。因其微小，故反電荷膠粒永不能爲吾人之肉眼所認識。其存在最初由於那革利 (Nageli) 氏之理論的演譯；迨至最近，始得觀察證實。其所用方法，茲且從略。（註四）只述一結果於此。即反電荷膠粒在某種條件下可以見得，可以測得其大小。

此種結果，固屬重要，惜未完全。例如關於物理性質中之重要者，反電荷膠粒之外形及其內部構造均未之知也。更進論之，某一物質能顯現其反電荷膠粒，何以在他物質則否？此則更非所知矣。麥芽糖與蔗糖爲極相近之物質，然則有麥芽糖之澱粉何以無蔗糖之澱粉？集合分子使之密着，由於化學親和力，抑由物理學的力？在目前現象之不能辨爲物理的或化學的者，是否爲化學的與物理的相結合而成？此種曖昧現象，多數存在；上述之疑問，是否有攻求之價值，亦無從確定。

吾人之研究，可即移於第三問題。即反電荷膠粒果爲生命物質之特徵乎？非也。蓋化學者已能製成一種分子集團，雖其組成異於天然之反電荷膠粒，而類似點則甚多。如格累姆 (Graham) 氏之實驗。以鹽酸溶液與矽酸鈉溶液相混合，除去其生成之氯化鈉，即得矽酸溶液。在某種條件之下，

或加鹽類或昇其溫度，即得一種之凝膠，頗似動物膠之凝膠，亦似加熱凝固之卵白。蒸發之，不能結晶；而生透明無定形之固態物質，極似阿刺伯樹膠。最後尚有一種事實為極重要者，即鹽酸及矽酸鈉之溶液中，只含有游離之普通分子；而在矽酸溶液中，則含有多數分子結合之反電荷膠粒，正如麥芽糖之分子，凝為澱粉。故反電荷膠粒構造之化合物，已由人工製出，且類似於天然之有機構體。矽酸鈉之外，鎢酸鹽及錫酸鹽皆可同樣之結果及結論。即最後所得之鎢酸及錫酸之溶液，皆含反電荷膠粒。許多物質，雖化學的組成各異，皆得以成此反電荷膠粒。茲舉其數例如次：

元素 金、銀、鉑、硫、汞、銅

非金屬元素化合物 硫化砷、硫化銻

金屬氧化物 鐵、鋁、鉻、錳

金屬硫化物 鋅、鎘、汞

三元素化合物 硫酸鉬、鉻酸銀、氰酸銅……等

在上列各化合物間，絕無化學的類似點存在，即無共通性質者；然以某種方法所製成之溶液，可使

其不含游離分子，而爲反電荷膠粒。此反電荷膠粒之生成，乃使上列各化合物皆入於此共通性質之下，統合而得一部類。自格累姆氏以來，稱此等物質曰膠質 (Colloids)，在水中所得之溶液曰膠質溶液。膠質溶液者，即不含分子而含反電荷膠粒之溶液也。膠質溶液有若干性質，異於普通溶液。實驗上，天然之膠質溶液如蛋白與人工所成者如矽酸溶液，有同樣之性質。

此等溶液，有一共通性質，不能得一定之結晶（註五）。正如有機構體之所具者。其中大部分凝爲塊狀，正如充分加熱後之蛋白或凝乳加入酒精能使成沈澱，正如分離蛋白時使膠質自其水溶液分離。氯化鈉、硫酸銨等中性鹽，亦具酒精同樣之作用。一度乾燥以後，一般皆不能再溶入水中，正如澱粉及動物膠。此等膠質無一定不變之性質，亦無恆等之組成。故近於天然之有機構體，而與無機物及有機物甚遠。最後尚有物理化學方面之類似點，可以列舉。特此種類似點更難於說明，可以從略。由上舉之類似點，已足以證明合成膠質所以能與天然有機構體相似者，原因在反電荷膠粒之構造。蓋化學的性質絕無類似；而所以類似者，唯一理由，只此反電荷膠粒之構造而已。

反電荷膠粒構造，自身不爲生命之特質，而由人力可造出之。因此有機構體得以人力合成，一

如結晶物質，亦可得而期待之。特在其方法上，則因化學者之進步遲緩，使有機構體之化學，猶停留於斷片湊成之狀況中。對於澱粉、纖維素、或樹膠等物質，均無法以人力造成；唯在蛋白質方面，則已得有重要之結果。例如格林毛氏以兩種方法自天冬酸及氨基苯甲酸出發，製得合成膠質，組成雖異於蛋白質，而性質極類似；該物質無定形，一如蛋白；加水則為透明之黏稠液，加鹽即沈澱，熱則凝固。近時，德國化學者斐雪氏更實現多縮氨酸（Polypeptide）之合成。（註六）此化合物成於與蛋白質相同之元素，與蛋白質有極類似之性質。以 4—甲基戊酸、2—氨基丙酸、氨基乙酸、天冬酸等物質之分子結合而成。此等固皆為以分子狀態而存在之物質，正如麥芽糖分子之於澱粉。多縮氨酸與蛋白質之間，距離似甚小，故其合成亦近於一種蛋白質之合成矣。余之特言其一種者，蓋蛋白質之種類甚多，固不能預測其所成也。將來之所得，果能為全合於天然蛋白質乎，亦尚不可知。

合成生成物與有機構體間，已接近至此；故有機構體實已可決定其為天然產之膠質。於是有機構體與膠質二語，乃含同一意義；所餘而未解者，即此種物質，非有待於有生命之細胞，乃生命細胞是否必賴於有機構體。此問題也，只須一察膠質存於生物中之衆多而廣汎，即可信其無誤。細胞

膜爲一種膠質。細胞內容物亦爲一種膠質，皆具有反電荷膠粒之構造。植物界上具重要功能之澱粉，爲膠質；形成植物枝幹等之纖維素，亦膠質也。活性最強之植物細胞內容物，爲蛋白質混以鹽類及糖類者。樹液除含有溶液狀無機鹽類外，亦含有橡膠或他種膠質。更觀動物界：骨之組織爲一種膠質之骨素（Ossein）。混有碳酸鈣及磷酸鈣者；血液乃一種膠質之凝固性血球素之溶液。卽運輸氧氣之血色素（Hemoglobine）似亦爲一種膠質。乳爲一種膠質。乾酪素之混有脂肪質及乳糖者。但此種普遍之存在，不能求於礦物界（僅有者陶土而已）。此種現象，決非偶然之存在；特其深奧之原因，吾人尙未發見之耳。

上節曾列膠質之物質表，爲數甚少，實則略而未述之耳。（註七）但僅就此表通觀，卽可知此種物質，皆不能以分子狀態溶於水中者。換言之，卽皆不能成通常溶液之物質也。如金、銀、汞、鐵之氧化物等，皆不溶於水；縱令投入水中，亦不能在水中檢出少許之痕跡。欲得溶液（卽膠質溶液），必須用間接方法。例如金之膠質溶液，得於金鹽用磷還原，氧化鐵之膠質溶液，得於用氫氧化氨以沈澱三價鐵鹽。但由此間接方法所得之膠質，極易回復原狀，通常欲使此類膠質再呈完全不溶性，只

須乾燥已足。余在此不溶性之上，曾加以完全二字，蓋有故焉。化學者有一習慣，對於不甚溶解之物，統稱之曰不溶解。例如碳酸鈣在一升之水中能溶三釐克，硫酸鋇或氯化銀能溶二毫克，皆以不溶目之。其實不溶二字，當留以用於膠質，因膠質在一升水中之溶量不過千分之一毫克也。若只注意於水中所含之重量，似不覺其差異之大；但易以下語表示，則顯著矣：溶解一克之氯化銀僅需水五百升，而欲溶解同量之膠質，則非千立方米之水不可。

由此事實可知生物必自膠質生成之第一個簡單理由矣。蓋此不溶性者，實為生物之第一生存條件。身體能溶解於水之魚，決無可生存之理；微生物苟有少許之可溶性，則渺小之身體早已溶解於水中，更無生存之理。此種生物之皮膚，非無限的耐水不可；換言之，非具嚴密的不溶性不可。蓋微生物常生存於多量之水中者也。由突能克曼（Trenkman）氏之實驗，一立方釐米水中所培之結核菌千六百個，猶能維持生活；將此實驗擴大觀之，則一克（乾燥者）之微生物，使浮游於十萬立方米之水中，接觸面積達於十平方米，生命仍能保存。

只此不溶性，尚不能證明細胞膜之膠質性。蓋若微生物之體乃為金箔（決非膠質）所包圍，

則此微生物亦能耐水而不溶解（吾人於此，乃不能不論及一種事實，即微生之外皮對於水及數種鹽類有透過性，爲金箔所無者）。但此種皮膜苟爲微生物所生成者，在化學反應上，真不溶性化合物如果生成，而非甚緩慢，則化合物之分子必結合而爲反電荷膠粒，或爲膠質溶液，或立爲無定形固態之膠質以出液外（註八）以故微生物所組成之皮膜，不溶性者必爲膠質。

在高等動植物，對此種不溶性不能成立上述之理由，因其所接觸之水小於微生物，只須不甚溶解之材料，已可以生活。然其不能不爲膠質者，尙有其他之理由在，可導入同一之結論也。此種理由，可名之爲良知的理由。動植物之生存上，一方面須有力學上之抵抗性，一方須有相當程度之柔軟性，在動物尤然；非有柔性，即不能運動。試一察結晶性物質，其不易變形之性質，即可知運動乃甚困難。結晶皆甚緻密，恆爲其物質之最大密度；換言之，其存在之分子，已至最大限數，而且不可變之位；其至強之剛性，及至大之凝固性，同時即具甚大之脆性。譬諸木葉之柄，如成於結晶質者，非其直徑增至甚大，則在其垂直方向，經微風一拂，已足摧落。

有機構性之膠質其剛性及韌性，雖不及結晶體；而柔性之強則足以相償其缺點而有餘。此蓋

有極易明白之理由在：代替分子之反電荷膠粒，與另一反電荷膠粒間，雖不能謂其以任意之位置存在，其位置亦必有轉旋之餘地；決不如結晶中之堅牢固定，因其配置不為同向，故無劈開面。所謂劈開面者，實結品之脆性所由來也。因劈開面之存在，碳化矽雖極堅硬，亦可碎之成粉，而軟木（CORK）片、鯨鬚等，雖加以極大之衝擊，亦能耐受。由是可知結合反電荷膠粒之凝集力與結合分子之凝集力雖本質上無甚差異，然數個反電荷膠粒間，其距離實較遠，故不生分裂。即反電荷膠粒之自身或亦能變形。今不必以彈形橡膠為例，只以木弓與鑿石而成之弓相較；前者能曲至五十釐米，猶耐甚大之衝擊；後者只能曲若干毫米，隨地必毀。吾人之骨骼，雖其中有機構體之骨素，不過占全量四分之一，然或缺此，則骨之脆性當如玻璃（註九）。吾人體內，雖僅軟骨為結品體，則已不能使足與地面衝擊，由公共汽車下降；不有緩衝，頭蓋骨亦早現龜裂矣。

最後尚有一理由，可說明生物之組織大部分非成於膠質不可。——雖不如上所述理由明瞭——此理由雖僅止於吾人目見之組織，不能適用之動物，或亦可有然而化學者，固不求之於此種想像生物，而唯留意於實在之生物可矣。實在之生物，其不受損害而能起作用者，其組織必為有機

構的性質，即非爲膠質的性質不可。欲明此理，必須詳察細胞與外界物質之交換狀況。

生物體之物質交換，皆依擴散方法。細胞對外界，無通行之門及吸入之口，需要之物質皆透過膜壁擴散而來；故其能交換而得者限於溶解物質。以故細胞之構成材料，必爲吸收之溶解物質間附屬物質或最初即存於細胞中之物質化合而成；且此化合所成之物，必不能再出於細胞之外。果不如是，則同化作用將在細胞之內外同時並起，而無生長現象矣（例如有綠藻於此，其葉綠素及其他物質皆能出至生活之水中；則碳之同化作用將起於水中，而不起於藻之體內，藻不能生長矣）。他方面，細胞內之一切活性物質，皆當以古諺所謂（*corpura non agunt nisi soluta*）（不溶之物無作用）之理由，一切皆不溶。以故細胞膜必有兩重性質：一則使溶解之物（營養物）通過，一則阻其他物質（已經加工成爲細胞成分之營養物質）之通過出外。簡言之，即非有一種巧妙之濾過器之功能不可。

具此種性質之薄膜，欲求諸結晶性即格累姆氏之所謂品質者，乃不可得。蓋吾人除以多孔性之磁筒（註一〇）以包細胞以外，他無所知。吾人求合此透過性之要求，必得一種特別濾紙，不爲植物

纖維而為結晶性細針所編成。此種構造，並非不可得，石膏即足以合此條件；對水有透過性。但欲以同一之膜，能通過某物質，亦能阻止其他物質之通過，則此孔之直徑（即結晶之直徑），當必須與分子大小在可比較之程度。即結晶當有百萬之一毫米之緻密度。此種小結晶，吾人尚不知其生成條件；吾人之所知者（在無機界有石膏，在植物界有草酸鈣，在人類有尿酸鹽），其直徑至少亦大十倍。

反之，反電荷膠粒為比分子更大之塊，而因其與分子又在可比較之程度，故反電荷膠粒所組成之濾篩，頗適於此種功能。細砂能阻水中懸浮物（即細渣與微生物）之通過；與此同理，凝集力所結合之無數反電荷膠粒並列所成膠質之膜，亦有濾過分子之功能。此種薄膜，僅以其構造，已足以通過某物（一般分子之小者即分子量之小者）而阻止其他大分子之物質通過（註一）換言之，即有半透性之性質。

半透性由反電荷膠粒構造而使有效者，為兩種事實之結果。第一生物之膜壁，多少程度雖不等，要皆為半透性。其中大部分能容簡單無機化合物（其中在動物最重要者為氯化鈉）之通過。

而阻止複雜有機化合物之出入以故糖恆存於血液中（尤其在消化時）而不透入尿中；透入尿中，唯在糖尿病之時植物之膜對於糖類，亦多爲不透性；否則甜菜之糖早已失諸土中之水或雨水矣。一切生活之膜壁，對於膠質溶液，殆均爲嚴密之不透性；蓋其集體甚大，不能通過。此更爲胞膜必成於膠質之明白理由。大部分由膠質組成之細胞內容物決不能使通過胞膜而出外；一旦出外，卽有莫大之事故。蛋白質之出於尿中，卽此事故而爲一種之疾病。

天然膠質膜之爲半透性，已可知矣；餘而未解者，卽此種性質是否能擴之於人工膜壁。若人工所成者亦具同性質，則此性質又非有生命物質之特質矣。由特勞柏（Traube）氏之試驗，亞鐵氰化銅之薄膜能容食鹽及硫酸銨之通過而阻止糖類，鞣酸鐵所成之膜亦復如此。以故半透性可見係於反電荷膠粒之構造組織，而與反電荷膠粒之化學性無關已無疑義。

余更將舉一未能充分說明之現象於此，那細胞死後膜壁之透過性卽起變化，一般較諸生前更易透過。例如甜菜，加熱使其細胞死後，較諸新鮮甜菜，糖易浸出。

一方面自化學研究之有機物質與另一方面自生物學研究之有機構體間之差異，吾人於今

日常賦以正當理由。此種差異之生，只須熟察物質之化學性，已知其不復能存在，蓋有機構體之合成與有機物質之合成，全為一樣，無復相反之餘地存在；雖然，吾人果更進一步而研究之，則知困難又現矣。

即以澱粉述之，理論的困難，吾人雖認其已不存在；然而化學物質的澱粉，與生命所生之澱粉，各自為物。生命所生者有一定之外形，有不同性質之同心層，對於熱及酵素之作用無均等性同心層之各層，非在同一情況下所生成；大約一部分生成於日間，一部分生成於夜間；或則一部生成於水分過剩時間，一部分生成於渴水時期。果欲作成一粒澱粉，必先知其各條件，而求其實現之手段；然後順次作用，方能作成。而此等條件在植物體外或以比植物更簡單之機構上能否實現，尚不可必。澱粉粒之合成，必為具完全機能之植物之合成結果，可斷言也更觀細胞，其最複雜之細胞分裂，雖欲以物理力或化學力說明；而其說明在今日，實同兒戲；除以示說明者之簡陋以外，於吾人則殊無所得。澱粉粒之構造，粗見似極為簡單；果省察其難點，則吾人能否組成此種複雜機構，且使之容於十分之一毫米以內之空間內，實為問題。並且在將來有無成功之望，亦屬疑問。

縱令組成細胞成分之各物質均能各自合成混合以後此種混合物欲使其能生長能繁殖一如細胞更爲難上之難。欲說明動植物之生活，必溯其歷史；換言之，非藉生物之力不可。化學反應之特質，僅係於反應系現在之狀態，與其到達此狀態之所經行程無關係。故其規則，欲以無限制的適用於生命反應，實非易事。蓋生命反應，既極其複雜，而復具遺傳性者也。天然之有機構體所得之混合物，乃限於有一定形態或一定之安定性質者；故其研究不在化學，而當屬於生物學。必待生命之最後痕跡已消失，有機構體分離以後，化學始再有收取之權利。故有機構體之諸相，不能只就相接兩領域中之一方以觀察，應依其問題之性質，亦須置身他方觀察之也。

註一）事實上，所以區別其種類者，不過成糊之溫度不同，在一定極限內，光轉偏極本領之不同，對酵素及酸之作用，遲速之不同，對碘素藍色程度之不同，一切皆不過程度之差耳。

註二）余在此亦不求極端之嚴密，亦不必作無益之限制；一切液體雖非不壓縮性，然比諸氣體，則謂爲不壓縮性，亦無大妨。

（註三）人或以此種現象，歸於木綿纖維之生成方法；實則不然。木綿硝化以後，溶於酒精及醚中；然後以人工引之成絲，再置於泥料爾柱間，已不復有此現象矣。硝化纖維使之脫硝，則色彩再現，故不得謂爲非化學的影響。（沙礫納

(De Chardonnet))

(註四)見附錄二。

(註五)結晶蛋白質結晶纖維素，雖有記錄，皆非純粹者。

(註六)某小說上 Daniel Halévy 曾想像此合成爲工業上極經濟的實現，而論其社會的力。

(註七)此表已由斯未得堡 (Wedberg) 氏公布，所列無機化學之膠質約百種。

(註八)此事甚爲普通，雖在水以外之媒質，亦可適用。實際上別種液中，亦可得膠質；但只可得之於不溶性物質。一物質

在某溶液中之溶解度異於在他種溶液中之溶解度，故在一液中爲溶液，而在他液中則爲膠質溶液而食鹽在不

溶之苯及甲苯中成膠質狀態。

(註九)某種病症，能使體內礦物質消滅，致骨骼極脆。此種現象似爲矛盾，實則不然；蓋其有機構體之部分，亦必有甚大

之變化也。

(註一〇)多孔形之圓筒。

(註一一)隔膜似非僅機械的作用。多數之生理學者及物理學者以爲由溶解現象亦生作用。此問題已極混亂，上述點

別之是否有意義，尙不可知。吾人論及分子時，若以其爲機械的物理的或爲化學的而論斷之者，甚易於錯誤。

