

新 中 學 文 庫

科學與學科思想
發展史

下 冊

著 丹 丕 · 爾 · 惠 商
譯 任 鴻 萬 李 琦 吳 學 周



商務印書館發行

509

Hp44

W. C. D. Dampier-Whetham 原著

任鴻雋 李珩 吳學周合譯

科學與科學思想發展史下冊

商務印書館印行

中華民國三十五年三月重慶初版
中華民國三十六年三月上海初版

（92772 潤報紙）

科學與科學思想發展史二冊

A History of Science and Its Relation

With Philosophy and Religion

每部定價國幣拾元

印刷地點外另加運費

原著者

W. C. D. Daupier-Whetnam

譯述者

李任吳 鴻學 周雋珩

版 翻
權 印
所 必
有 究

發行人

印刷所

發行所

上海河南中路

朱經農

商務印書館

商務印書館

商務印書館

商務印書館

科學與科學思想發展史(下)

第六章 十九世紀的生物學

生物學的意義——有機化學——生理學——微生物與細菌學——炭與氮的循環——地文學與科學的探險——地質學——自然歷史——達爾文以前的演化論——達爾文——演化論的論戰——人類學

文藝復興後的科學時期，天文學與物理學的進步造成了思想上的大革命。事情是這樣的：當哥白尼把地球從宇宙中心的高傲地位推翻，牛頓把天體現象收服到日常習見的機械定律管制之下的時候，許多默認的假設，為神意暗示整個理論的基礎的，也根本動搖了。一個思想的展望完全改變了，雖然它的效果還要經過許多年歲纔能完全感覺到。地球為宇宙的中心，人乃創造的特殊目的與意義，二類的俗見，在有學問見識的人們把和它們有關的天文思想拋棄以後很久的時間內，仍舊為一般人所信奉。

在十九世紀長足進步中，并非物理智識的浩瀚發展，更非從這些智識上建築起來的工業大結構，使人們的心胸得以擴大，引到再一個思想上的革命。真正的注意點，從天文學移到了地質學，從物理學移到了生物學及生命的現象。自然選擇的假設，最初給了演化的意思一個可接受的根據，它以達爾文為生物學的牛頓。十九世紀思想的中心人物，帶着人們的思想經過其無盡長途的次一階段。單是自然選擇也許不能解釋所有後來出現的衆多事實，但演化論本身是成立在一個廣博的基礎上，這個基礎是時間愈久愈見堅固的。

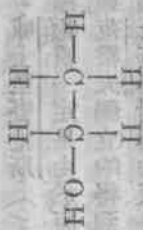
(註一)
有機化學

要追溯并領會演化哲學的歷史與其意義，我們必須跟隨生物智識進步的概況，從第五章打住的故事線索開始。生物學基礎的科學如物理學及理論化學，我們在前章已經述及了，但有機化學在十九世紀纔成一個確定，獨立的科學，還有一加考慮的必要。人在動植物身體中繁雜物質的化學，主要的是那個奇怪元素炭素的化學。炭素原子有一個特殊的性質，它喜歡自己結合同時也能和其他元素結合以成很複雜的分子。我們曾看見生力說的古理論，怎樣與同樣古老的理論說生物物體與外界物質一樣可用機械論來解釋一切相反對，而依然存在。在一個長時期中，人們總以為組成動植物纖維的複雜物質，只有在生力活動的影響下方能成功，而關於生命的神靈的解釋，也要依這個看法的真實與否以定其成立或毀敗。但一八二八年阜婁(Friedrich Wöhler)用人工製成了尿素，證明一個物質，到現在為止僅在生物體內發見的，可以在實驗室中製造了。跟着旁的天然產物也用人工製成了，到一八八七年，恩米爾費雪(Ernst Fischer)更由炭氫氧等元素造成果糖與葡萄糖。這樣有機與無機的分別不復存在了，但所謂『有機化合物』，數目是那樣的，性質是那樣的複雜，為便利計，仍有把有機化學與無機化學及理論化學分開的必要。

有機化學的基本問題，是測定一個化合物中的元素，并估計其組成的百分數。這可以把握測定的化合物在由氧化銅發出的氧氣中燃燒後測定其燃燒所得的產品而得。分析的方法由拉瓦希，柏達留斯，格呂薩克，特那得(Thénard)諸人發明的，經里比希(Linus Liebig)把它們改革到很完善的地步，到一八三〇年炭素化合物的實驗組織，差不多可以很精確地測定了。一個驚奇的結果是同質異性體(isomerism)——即有些物質組織成分相同但化學性及物理性均不同——的發見，例如氰酸銀與雷酸銀，尿素與氰酸銣，酒石酸與葡萄糖酸皆是。柏達留斯解釋這個現象，以為是因為在兩個同質異性體分子中的原子排列與關係不同的原故。同樣的現象在元素中也可以找到，拉瓦希曾證明木炭與金剛石

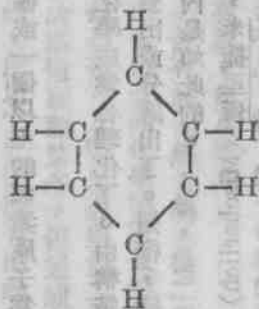
在化學上是同一物質。

柏邁留斯的意思，在弗蘭克南（一八五二年）與古拔（Comper）克寇列（Kekulé）（一八五八年）諸人把原子價的觀念闡明以後，更得進一步的發展。如常用酒精的實驗式 C_2H_6O 可發展為構造式如下：



在這個式子中，炭素的四價為克寇列所注重的，可用四條線表示出來，而每一條線可與另一元素相連結如 $\square$ ，或與一個元素羣相連結如 OH 。

一八六五年，克寇列在講芳香化合物的論文中，把這個意思推廣來解釋烷 C_nH_{2n+2} 的構造，烷是此類最單簡的化合物。克寇列指出烷與乙醇不同，它不像乙醇炭鍊的兩端開放，它的化學性與作用，須把炭鍊的兩端連結起來成一個合閉的環，如以下的形式，方能解釋。



我們只要想象一個或一個以上的氮素原子爲其他元素或一羣元素所換置，較繁複的芳香化合物的構造即可表示出來。

這樣，有機化學成爲合理化了。由構造式理論上的可能，可以預言新化合物的存在，而許多預言的新化合物也竟製出或分離出了。這樣，構造式的理論竟使我們能應用演繹方法於化學上，至少在有機化合物的範圍內是如此的。

一八四四年，米捷里胥 (Mitscherlich) 叫人注意一個事實，即酒石酸的同質異性體，雖然它們的化學反應，組織成分及構造式無一不同，但對於光的性質卻不一樣，米氏在前曾經指出過原子組織與結晶形的關係。一八四八年，魯易士巴斯德 (Louis Pasteur) 一八二二——一八九五年，在把葡萄酸鹽二次結晶的時候發見有兩種結晶體的存在，它們的關係，如右手與左手或實物與鏡中的影像一樣。如其把這兩種結晶體分別取出，再加溶解，一種溶液可把偏極光的偏極面旋轉向右，其他一種溶液則把偏極面旋轉向左。第一種溶液，後來證明是普通酒石酸的化合物，第二種溶液則是另一新鹽，與第一種混合即得葡萄酸鹽。

一八六三年，威士里盛拉斯 (Wislicenus) 由乳酸的同樣現象得到一個結論，說這兩種物質一定是由於原子在空間安排的不同。一八七四年，勒柏爾 (Le Bel) 與范霍夫獨立的得到這個意義。他們推論說一切光學上活潑的炭素化合物都含有不對稱的原子結構。范霍夫想象炭素原子占據一個四面體的中心，其四角上則安置四個其他原子或原子羣。如其四個原子各各不同，則我們有一個不對稱的構造，此時有兩種可能的安排，它們彼此間的關係，和實物與鏡中影像的關係一樣。勒柏爾，傑斯 (H. O. Jones)，頗勃 (Pope)，吉平 (Kipping) 和其他諸人又發見炭素以外元素的化合

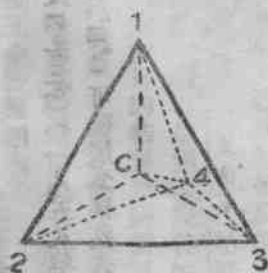


圖 六 第

物也有同樣現象，特別是氮素。

從這些關於有機化學複雜現象的解釋所得驚人的成功，可見它們所依據的原子與分子的根本觀念是如何正確。

一八三二年，里比希與阜婁指出，在許多場合中，一個複雜的原子羣——後來叫做根的——常常經過一串化合物的化學作用而固結不解，其行為就如一個元素的原子一樣。例如氫氧根 OH ，不但在水中發見，即在一切苛性鹼類與酒精中也一樣存在。此外尚有無數更複雜的根，它們的存在，不但可追溯到有機化學與生理化學，並且於它們的進程為必需。

從這些根的觀念自然引到型的理論，這個理論大部是一八五〇至一八五二年間由威廉生 (A. W. Williamson) 開發成立的。根據這個理論，化合物可照它們的型分類，例如氧化物可以認為是構成在水的型類上，水中氫素的一部份或全部被化學上相等的元素或一羣原子所置換。這些根與型的觀念，代替了柏達留斯的電的二元論 (electrical dualism) 成為化學構造的基本觀念。

某些構成生物機體的無數有機物質，漸漸地分析出來成為獨立物體了，它們可以歸類為以下三類化合物中任何一類中的一員或其誘導體。

(I) 蛋白質，含有炭，氫，氮，氧有時更加硫與磷等元素。

(II) 脂肪，含有炭，氫及氧。

(III) 炭氫化合物，含有炭，氫，氧，後二者常以成水的比例在此類化合物中存在。

這三類化合物中蛋白質的化學構造最為複雜，它以氮素為基礎。它們容易地分破為多數大略相同的組合，平常稱為鈹基羣 (Z) 含有氫氮二元素。此類酸的許多，在十九世紀中曾經分離出來并加以化學的檢查。它們的構造種類繁多，但通通含有一個或一個以上的酸性炭氧基 (COOH) 與一個或一個以上的鹼性鈹基根，所以它們同時有酸鹼二性。在各種不同的有機體中所發見的蛋白質即是由鈹基

酸以不同的比例所構成的。

一八八三年，寇梯司(Cutler)用人工造成一種物質，在化學反應上與蛋白質的特點完全相同。隨後費雪考查過它及其相關化合物的構造。他發明了幾個方法使氨基酸聯合起來成為繁複的物體，很像消化酵素作用於蛋白質而成的消化蛋白質。這樣在十九世紀結束以前，對於測定組成生物的最複雜而最具特性的成分的性質已經有相當的進步，甚且有合成這些物質的企圖了。

十九世紀生理學的一個最早的概念，說身體的生命乃其組織纖維生命總和的結果，是畢恰特(Bichat 一七七一一一八〇二年)的發明，畢氏對於測定這些纖維生命的特點曾經做了不少的工作。他以爲在生命中，生活力與物理化學的力量常是爭鬭不息，生物死後，物理化學的力量重新宰制一切以至毀滅生物的身體。

有些獨立的觀察已提示腦的功能的局部化，例如一五五八年，威尼斯的瑪薩(Musca of Venice)看到左眼後部神經受傷可以防害說話的功能。哈納(註二)曾追溯神經到腦髓的共同聯繫，但遲到一七九六年，有資格的解剖學家仍把腦管中的流體與嘉倫的『動物活力』，及阿理士多德的感官交會所(Sensorium Commune)或『靈魂的機構』('organ of the soul')混爲一談。這個理論最後爲葛爾(E. J. Gall 一七五八——一八二八年)的解剖所駁倒，葛氏乃一醫士，先在維也納，繼在巴黎工作。(註三)他繼續瑪薩的觀察，證明腦的真正構造，并教人知道『灰色物質乃神經統系中重要而活動的工具，白色物質不過是聯繫的連鎖而已。』葛爾被人指責爲唯物論者，他堅持遺傳的重要，尤爲人所不滿，因爲遺傳的意思是與當時宗教家道德責任的觀念相抵牾的。他有一個把無可置疑的事實與謬誤叢生的理論混和的習慣，尤其是他發生更多糾葛的原因。因此，他已經解職的助手名斯拔擬漢(Spuzheim)的可以把愚蠢的『腦相學』('phenology')建立在他的腦的局部化的工作上，而使入疑心葛爾自己也不免是一個走江湖的騙子。但近代的腦神經學，則仍建立在葛爾工作的堅實部份

上。

畢恰特所主張的生力論形式，後來爲另一個法國生理學家名馬景第（Majendro）的所修改。馬氏以爲有些生物體的現象是由一個不可了解的生活原理所支配的。一八七〇年以後，馬氏對於認爲適於實驗研究的問題曾辛苦工作，并且相當的成功。他反對當時有力的理論見解，崇拜實驗，甚至盲目的實驗。真的，他似乎是少數實行培根方法的實驗家的一個。他證明着神經的前後根部功能各異，正如柏爾雷士（Bir Charles Bell）所推測的一樣——這在神經系生理學上是一個基本的發見。

德卡爾及其門徒以爲由神經組織傳達到中樞的刺激，會天然的變成出發的神經衝動而激動適當的器官或肌肉，這樣人的身體完全是一副機器。醫療學校接受這個觀點，關於此問題的證驗，從柏爾，馬景第，霍爾（Marshall Hall）一七九〇——一八五七年）諸人的工作都可得到，霍爾分別有意的與不自覺的反射作用，尤爲重要的貢獻。許多平常生活的動作如咳嗽，嚏，行走，呼吸都是反射作用，其他許多動作，從前認爲須經過複雜的心理作用的，到十九世紀末年都歸到反射作用一類，特別是卡可特（J. M. Charcot）一八二五——一八九三年）及其門徒。二十世紀以後，這些問題更加了不少的徵驗。

十九世紀初年，德國最著名的生理學家是約翰繆勒，在他的名著生理學概論（Outlines of Physiology）中，他搜集了當時所有的生理智識，自己對於神經作用也做了不少的工作。他發見我們經驗的感覺種類依感官的性質而定，但與神經激勵的情形無關，例如光，壓力或機械的刺激，作用於眼神經及虹膜時，同樣發生明亮感覺；這個發見效用極大。它給了從蓋理略時代以來哲學信仰的一個生理根據，即人類不加幫助的感覺不能得到身外世界的真正智識：從不同的事情我們可以得到同樣的感覺，而同一事情也可以因所作用的器官不同而發生不同的感覺。

不管此工作如何成功，即用物理與化學的實驗方法來發展生理學的人們，也感覺到有許多地方是

這些方法所不能達到的。此外興趣首在形態學的人們，索性取生力論者的觀點。在法國特別是如此，這裏儘管有馬景第的實驗工作，但其科學空氣則近於自然歷史而遠於生理學，自然歷史大家寇維葉（Cuvier）的影響，有利於生力論。

馬景第的最有名的弟子是本拉得（Claude Bernard 一八一三——一八七八年），（註四）他實驗技術的高妙與其師相等，但也承認在計畫實驗工作上需要心思與想象力。本拉得的工作大部份關於神經系統在營養與分泌上的作用；他一面用實驗方法研究神經，一面用直接的化學研究。他的工作先兆了許多近代生理化學的結果。

在繆勒的書中食物在胃中所經過的化學變化認為即是消化作用的全部。本拉得指出胰液把由胃排出的脂肪消納入十二指腸，并分解它們成為脂肪酸與甘油；它把澱粉變化成糖；并溶化帶氮的物質或蛋白質。

杜馬（Dumas）與鮑善古（Boussingault）告訴我們，植物與動物的功能完全相反。植物吸收無機物體以造有機物質。動物大概是寄生的，它們生活在變化有機物質為無機，或較單簡的剩質上；它們收進有機食物，有時或略加改變，但決不能製成脂肪，炭氫化合物或蛋白質。本拉得用狗作實驗，證明肝在神經管制的內分泌下，可由血製成右旋糖。後來在一八五七年，他用實驗證明肝在活着時生成一種物質，他稱之為肝素糖，此物經與生命無關的發酵後即成右旋糖。這樣，他對於糖尿病的起原與療法都有所發明，并指出在某種情形下，動物也能製造新的有機物質。

本拉得的第三個大發見，是所謂血管運動神經的功能，這是經感官的衝動而不自覺地動作起來以管制血管。他因探究發展於神經一部份的『動物熱』而引到這個發見，後來證明動物熱是由於血管的漲大。福斯德說：『任何略具關度的生理學討論，遲早必碰到血管運動的問題，』此問題發生於本拉得的一個單簡的活物實驗，『如其本拉得生在今日的英國，此實驗也許不讓施行，他的工作……在出生

前就被窒息死了。『真的，從歷史看來，很清楚的是，我們關於一切身體重要機構與功能的智識的重要部份，關於循環，呼吸，消化等等，凡近代生理學，近代醫學與外科所依賴的智識，都是由用動物實驗得來的。阻止用這個方法以推進智識的人們應負極大的道德責任，不能以對於事實或重大問題的茫昧自解。』

神經統系的研究，經兩個衛柏爾 (E. H. and E. F. Weber) 而更進一步，他們發見禁止作用，如刺激肺胃神經 (Vagus nerve) 而停止心臟跳動之類。

瑪格拉斯 (Magnus) 在一八三八年關於呼吸的智識有進一步的貢獻，他指出在動脈管與靜脈管中的血含有氧與二氧化碳，雖然兩種氣體的比例不一樣。他以為氣體是溶解在血液中的；但在一八五七年梅耶爾證明它們成立一種鬆弛的化合物。本拉得指出一氧化碳的毒殺作用，是因為它從紅血球的血色素中把氧氣不可回復地置換了，因此血色素成為不活潑，再不能把氧氣輸送到身體的組織上去。

哈維在一六五一年出版的動物的生殖 (De Generatione Animalium) 一書已經把觀察的胚胎學放置在正確的基礎上了，但近代發展的真正開創者當推伍爾夫 (Caspar Friedrich Wolf) 一七三三——一七九四年，他生於柏林，死在聖彼得堡，因俄女皇卡瑟玲 (Empress Catherine) 之召而到了那裏。在伍氏活着的時候，他的工作被人懷疑與蔑視，但事實上他預兆了近代一切結構的理論。他用顯微鏡研究過細胞，指出怎樣從一個原來性質不分的胚子漸次分化而形成各種器官。

方拜爾 (von Baer) 一七九二——一八七六年指出細胞的分化與增殖，乃一切胎物發展同有的程序，後來更知道在全動物界中有機生長的進程亦復相同。一八二七年方拜爾又發見哺乳動物的卵巢，把每一卵子含有完全具體而微的動物的舊說推翻。我們說方拜爾創立了近代胚胎學也不為過。(註五)他非難過麥克爾 (Meckel) 一七八二——一八三三年的理論說體體的歷史是種族歷史的重演，真的，這個假設得到過早的承認，使胚胎學在十九世紀末年成了研究演化論者喜用的方法。人們以為

這個方法在個體歷史中可以發見一些事實，用另外的方法，只有經過無窮的困難，把動物界做一個廣大比較的調查，纔能得到。

一八三八年徐乃登 (Schleiden) 成立了細胞論。他後來的工作指出植物的胚胎發生於含有一個核的單細胞，一切植物纖維的發展，必須迴溯到這些細胞的繼續分裂上去。此項工作由露華大學 (University of Louvain) 的解剖學教授徐萬 (Theodore Schwann) 一八四〇—一八八二年推廣到動物界。他追溯各種不同的動物纖維組織到其有核細胞的根原，成立了近代組織學 (Histology)。徐氏也是繆勒門徒中離開生力論而向生命的生理化學論上致力的第一人。

圖內根的方莫爾 (Hugo von Mohl of Tübingen) 研究過細胞的內容，叫細胞壁膜內成形性的物質為原形質 (protoplasma)。方列格理 (Karl von Nägeli) 找出此物質是含氮素的。舒爾茲 (Max Schultze) 形容細胞為「有核原形質的一團」，并主張原形質是生命的物質根據。柏林的維爾周 (Rudolf Virchow) 一八五八—一八九二年應用細胞說於病纖維的研究，由此在醫學上開了一新頁。他發見血液中的白血球有包圍有毒細胞而使其不能為害的能力。癌是細胞的病狀生長，設如癌的治疗方法有找到的一天，它必定是以管制細胞的活動為基礎。

與推廣化學到許多生活的改變同時，應用物理原則於生理學的問題也有很多進步。哈維解釋血的運行，說它是一種流質，因心的機械作用壓迫其通過動脈及靜脈管，這個理論使生理的探討回到自然的方向上去。但到十八世紀的下半期，問題的困難使生力論假說的採用，差不多成了普通情形，直到十九世紀的中期，仍維持着它的勢力。此後意見又改變了，初由尿素的合成及我們所述及的各項生理學上的工作，繼在物理學方面，由盧德維格 (Karl Ludwig) 的用物理儀器於生理學而增加力量，最後則由梅耶爾及赫姆霍爾茲的工作，提示能量不滅的原則一樣可應用於生物機構上。

這個意思，許多人認為或然性極大，沒有證明的必要，但在許多年後纔得到精確的證明。誠然，

里比希曾告人動物熱不是天生的而是燃燒的結果。但到各種食物的熱值在量熱計中燃燒測定之後，纔得到量的證明。一八九九年魯布納（Rubner）測定蛋白質與炭氫化物的熱值為每克4.1卡洛里，（註六）脂肪為8.2。一八九九年阿特瓦泰（Atwater）與白利安（Bryan）發表了在美國所作更多實驗的結果。他們除去食物不能消化的部份，改正魯布納的數字為蛋白質與炭氫化物4.0，脂肪8.0。一個作重工的人每日所需食物的燃料價值為3500卡洛里，而不用勞力的人每日所需的食物僅為2450卡洛里。伍德（T. B. Wood）及他人近時關於農作動物的研究，把食物分為維持量即維持動物在靜常狀況下所需的食物，與增加量，即為生長及產乳所需的食物兩項。

要考查能量不滅的問題，我們必須量度進入食物的能量與勞作，發熱，排泄等給出的能量。魯布納在一八九四年曾就狗作了收入支出的估計，找到這個數量密合到百分之0.4以內。一九〇一年阿特瓦泰，羅沙（Rosa），本勒底克迪（Benedict）等就人體做過實驗，他們的結果表示兩數切合到千分之二。設如智慧的工作或其他不會計入的活動需用能量，其數必定很小，這是頗可能的。

這樣，能量不滅原理的切合，表示身體的體質上的活動，可以最後追溯到取入食物的化學與熱的能量。自然的，即使不是邏輯的，結論是：能量的給出既然是依照物理定律，那末，其相近的過程也可以完全用這些定律來敘述。

這個自然學家的觀點，不但由徐乃登徐萬等的工作而成立的細胞說，并由其他關於細胞結構及功能的研究得到更有力的支持。與膠狀物質有關的物理現象的智識，很快的應用到生理學問題上，同時神經作用的現象也找出與電的變動常是相聯的。

有許多種癡病，證明是由甲狀腺的不健全。一八八四年，席福（Schiff）發見設如用甲狀腺素飼養動物，可以免除其拔去甲狀腺的效果。這個結果不久就應用到人類身上，使許多從前將以癡病終身的兒童變成快樂而有智慧的人羣。

用科學方法以研究多數身體作用的結果，使十九世紀中葉機械哲學愈見盛行。我們得了一個信念，說生理學不過是『膠質的物理學和蛋白質的化學』一個特殊的情形。不管關於整個生理學的問題以及在其裏面的心理學與玄學的問題的真理是怎樣，很清楚的是，科學僅能處理單個部份或孤立的自然方面，為謀科學的進步起見，我們必須假定生理的程序在底細上是可了解的。要認識進步，必須應用已經成立的自然原則，而從科學上有限度的觀點看來，物理與化學的基本觀念與定律，實是自然原則的最後最好的陳述。這種分析的方法與觀念是否適於解決整個的動物機體的綜合問題，那是另外一個更深的問題。舉一個極端的例，一種學說說人的心可用身，正如音樂家的用樂器，即使此工具不過是一種物質機構。

在十九世紀的第二段時，類似於無機化學裏的媒介作用的研究，推廣到在進行於生物機構中的許多作用了。有機媒介質或酵質到一八七八年成了生物化學上極重要的東西，就在那一年，古列給了它們特殊的名字叫酵素(enzymes, *es say in Yeast*)，古列對於它們的作用曾經做了許多工作。媒介質或酵素的重要性質是促進化學反應使其速度加增，但自己已不加入最後平衡的物質。酵素外面看來似為膠狀質，并且帶有電荷，這也許是它們作用的一部份原因。有機作用常常需要特殊酵素，有許多已經發見了。有的質量極微，僅靠它們的特殊反應纔能發見；有的可以分離出來加以檢查。比較重要的酵素，我們可舉以下幾個為例：Amylase 可以分解澱粉，pepsin 在酸液中可分解蛋白質，trypsin 在鹼液中可分解蛋白質，lipase 可分解有機鹽，等等。雖然在生物體中酵素的最明顯的用處是幫助繁複的物體分化為較單簡的，它們的作用是可回復的。它們增加一個反應的速度向它最自然的方向進行。如其他上面說到的媒介質一樣，它們的功能類似於機器的滑油。它們幫助并加增化學變化的速度，但不決定方向。

十九世紀生物學最驚人的發展，是關於動植物及人類微菌病的來源及原因的智識。這種智識能增

加我們管制環境的能力，因之和其他科學的應用一樣，也對於人和天然關係的觀念發生顯著的影響。約在一八三八年，德拉陀爾和徐萬發見發酵作用中的酵母是一些微小的植物細胞，而發酵液體中的化學變化乃由於這些細胞的生活作用。徐萬發並感覺到腐朽也是同樣作用，他證明設如我們留意把與受檢物體相接觸的生存細胞用火來毀滅淨盡，並且以後不讓它與除了經過熱試管的空氣接觸，則無論發酵或腐朽都不會發生。這樣證明發酵與腐朽都是由於活着的微生物作用。

這些結果，約在一八五五年更由巴斯德加以覆證與推廣，他肯定了每一個當時所認為自然發生的事件，指出這些事件都可追溯到由外面進來的種子，或已經在裏面種子的生長。巴斯德表示有些疾病例如脾熱 (anthrax)，雞霍亂症 (cholera) 與靈病，就是由特種微生物所致。後來許多特別病菌，有些蔓延在人類中的，亦經發見，其生活史也找出來了。雖然在年代上說來，巴斯德發見的結果一直到最近時期纔算完全達到，此處不妨把整個故事敘述一下。

肺結核病的微菌，是一八八二年柯和 (Cohn) 發見的，柯和並且發展微菌學的技术使它成為公共衛生與預防醫學同關重要的藝術與科學。特殊的微菌一經分離之後，即讓它在膠液或其他適宜的培養液中自行純種繁殖。它的病理效應於是可用動物實驗加以決定。

至少在有些情形中，我們曾經找到微菌細胞內的某種酵素或其作用的存在，是與它們生命有關的變化發生的原因。一八九七年，畢許納 (Bechamp) 由酵母細胞抽出了特種酵素，並且指出此酵素的發酵也可用活着的酵母細胞作成。酵素本身在作用完成時依然不變；只要它存在就可以發動并催促化學作用了。

到十八世紀的末年，顏納爾 (Nocard) 發明了種痘的方法，即把痘菌放入牛身使其作用輕減，再取其漿注射於人身，使人的天花病減輕或完全避免的方法。自從這個方法發明之後，我們免疫的智識，特別是關係健康及痘病的近世生理學研究極關重要的智識，也開始發達了。病原的機構產生有毒的物

質或毒素，其最初的一個，一八七六年在腐朽物體中發見。到一八八八年，我們可用濾過培養液的方法從微菌得到毒素。白喉症的預防劑是從培養的微菌取得毒素，再把毒素逐漸加多的注射入馬體內。馬的組織即製造一種抗毒素。由這樣製成的血清，可以保護有傳染危險的人類，即已患白喉的病者也可用以治愈。還有，用病菌的消毒培養法，我們可以製造各種菌漿，用來預防病菌活着時所生的各種病症。

巴斯德把顏納爾的滅毒原則應用到其他病症上去，在狂犬病或恐水病，即已經傳染之後注射仍甚有效。這個可怕而從前認為無法治療的病，經注射後，死亡率減少到百分之一。在顯微鏡下看不見此病的微菌。設如此病是由微菌發生的，它們必定比通常的微菌還小許多。

病原微菌的生活史常常是極繁複的，有些在不同的寄主身上經過它們一生的某些階段。只有用極精密的注射到活動物身上的實驗方法，纔能研究到它們的性質。有些寄主本身並不感覺到侵入微生物的影響，這使我們找尋傳染來源的預測工作非常困難。瘧疾的最後戰勝，是研究微菌病的困難與危險的最好例子。瘧菌是約在一八八〇年法國的陸軍軍醫拉維朗（Laveran）所發見的。五年後意大利人觀察到瘧疾的傳染由於蚊蟲的咀螫，後來在一八九四——一八九七年間，曼生與羅斯（Mason and Ross）證明一種特殊的蚊蟲（Anopheles）帶有瘧疾初期的寄生菌。這樣，防治瘧疾傳染的正確方法是毀滅蚊蟲的幼蟲，這可以用沼澤地的洩水，或用油膜等物散布於靜水的池沼上面，防止其幼蟲的生長即得。

同樣，馬爾他病或地中海熱（Maltese or Mediterranean fever）曾溯源到一種微生物的作用，這種微生物有一段生命寄生在山羊上，由羊乳傳染到人，山羊本身却不見有任何病狀。發見黑死病與鼠，蚤及其他協助傳遞疫苗於人類的寄生物的關係，又是一個防治疫病間接方法成功的好例。從這些新研究得到的預防方法，我們可以使地球上從前不適於居住或雖可居住而須付生命與健康極大代價的