

大學叢書

科學與科學思想發展史

(下冊)

W. C. D. Dampier-Whetham 原著
任鴻雋 李珩 吳學周 合譯

商務印書館印行

大學叢書

科學與科學思想發展史

(下 冊)

W. C. D. Dampier-Whetham 原著
任鴻雋 李 珩 吳學周 合譯

商務印書館印行

中華民國三十五年三月重慶初版
中華民國三十五年六月上海初版

(*35272 滬報紙)

大學叢書
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

W.O.D. Dampier-Wheahan

原著者

譯述者

李任鴻
上海周
吳學周

發行人

李商印
上海龔
李商印

發行所

商務印書館
各地
商務印書館

版 翻
權 印
所 必
有 究

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——微生物與微菌學——炭與氣的循環——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

生物學的
意義

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，為神意啓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，一類的俗見，在有學問見識的人們把和它們有關的天文意思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。

生物學的
意義

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。

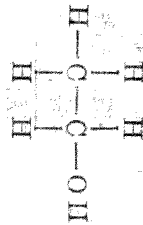
為生物學基礎的科學如物理學及理論化學，我們在前章已經述及了，但有機化學在十九世紀纔成功一個確定，獨立的科學，還有一加考慮的必要。

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，可以在實驗室中製成了。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 (Emil 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。這可以把要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，柏遮留斯，格呂薩克，特那得 (Thénard) 諸人發明的，經里比希 (Jusius 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，尿素與氰酸銨，酒石酸與葡萄糖皆是。柏遮留斯解釋這個現象，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

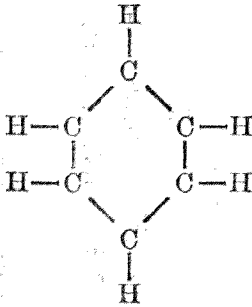
在化學上是同一物質。

柏遮留斯的意思，在弗蘭克南（一八五二年）與古拔（Coupar）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 OH ，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氫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，米捷里肯 (Mischerlich) 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，組成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) 在把葡萄酒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 (Willsieenus) 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 Pel) 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，瓊斯 (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

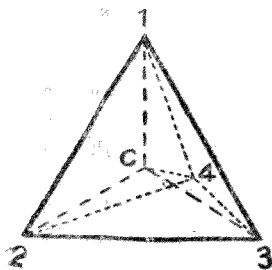


圖 六 第

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，里比希與卓婁指出，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) 闡發成立的。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，代替了柏遮留斯的電的二元論 (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。

(一) 蛋白質，含有炭，氫，氮，氧，磷有時更加硫與磷等元素。

(二) 脂肪，含有炭，氫及氧。

(三) 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。它們容易地分解為多數大略相同的組合，平常稱為鈹基羣 (NH_2) 含有氫及氮二元素。此類酸的許多，在十九世紀中曾經分離出來並加以化學的檢查。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根 (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，寇蒂司(Outlet)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類化合物的構造。他發明了幾個方法使鈹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。他以為在生命中，生活力與物理化學的力量常是爭鬪不息，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(Massa 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’)混為一談。這個理論最後為葛爾(F. 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。』葛爾被人指責為唯物論者，他堅持遺傳的重要，尤為人所不滿，因為遺傳的意思是與當時宗教家道德責任的觀念相抵牾的。他有一個把無可致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癡漢(Spurzheim)的可以把愚蠢的『腦相學』(‘phrenology’)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。他證明脊神經的前後根部功能各異，正如柏爾爵士 (Sir 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，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，但與神經刺激的情形無關，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官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，自然歷史大家寇維萊 (Quvier) 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統系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。本拉得指出胰液由胃排出的脂肪消納入十二指腸，并分解它們成爲脂肪酸與甘油；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爲無機，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，他稱之爲肝素糖，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：『任何略具闊度的生理學討論，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。

神經系統的研究，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。他以爲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性作用，是因爲它從紅血球的血球素中把氧氣不可回復地置換了，因此血球素成爲不活潑，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 (Casper Frederick 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爲過。(註五) 他非難過麥克爾 (Machel 一七八一——一八三三年) 的理論說調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。人們以爲

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，必須追溯到這些細胞的繼續分裂上去。此項工作由露蕃大學 (University of Louvain) 的解剖學教授徐萬 (Theodore Schwann 一八一〇——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。

圖丙根的方莫爾 (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 (protoplasm)。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 一八一——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。癆是細胞的病狀生長，設如癆的治法有找到的一天，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 9.2。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 8.9。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 (E. 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。

要考查能量不減的問題，我們必須量度進入食物的能量與勞作，發熱，排洩等給出的能量。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 0.47 以內。一九〇一年阿特瓦泰，羅沙 (Rosa)，本勒底克迪 (Benetich) 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，能量不減原理的切合，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。

有許多種癡厥病，證明是由甲狀腺的不健全。一八八四年，席福 (Soll) 發見設如用甲狀腺素飼餵動物，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，使許多從前將以癡厥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。要智識進步，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，那是另外一個更深奧的問題。舉一個極端的例，一種學說說人的心可肉身，正如音樂家的用樂器，即使此工具不過是一種物質機構。

在十九世紀的第三段時，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。有機媒介質或酵素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, *eu Enzy 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，但自己不加入最後平衡的物質。酵素外面看來似為膠狀質，並且帶有電荷，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生物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。徐萬并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，并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，他否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 (*chicken-cholera*) 與霍亂病，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 (*Koch*) 發見的，柯和并且發展微菌學的技术使它成爲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 (*Büchner*) 由酵母細胞抽出了特種酵素，并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 (*Jenner*) 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。有些寄主本身并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 (Manson 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 (Malta 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菌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

大部地方成爲可居。這個微菌病的智識，經過極辛苦有時且極危險的試驗然後得到，它使我們的衛生情形及預防醫術有極大的進步。

一八六七年李思德勳爵 (Lord Lister) 應用巴斯德的結果於外科醫術，與在前戴維爵士及麻薩邱舍次的摩爾頓 (W. T. G. Morton in Massachusetts) 愛丁堡的辛勃生爵士 (Sir J. Y. Simpson in Edinburgh) 發見了防腐劑，使在此以前不可能的外科手術成爲可能。關於衛生醫學及外科發見的實際效果，或可用城市居民的年中死亡率的低減表示之，倫敦二百年前的死亡率是十分之八十，目下減到千分之十二。

一八九三年，勒弗納與弗洛徐 (Löfler and Prosch) 開始透澈地研究超顯微的微菌 (ultra-microscopic virus)。他們指出患脚與嘴病的動物所出的津液，經過平常可以隔離微菌的濾器後，仍可繼續不斷的傳染多數的動物。他們的推論是：此時所處理的并非無生的毒質而是生生不已的有生機體。現在還不能決定這些超顯微可濾過的微菌在動植物界發生那許多病症，究竟是否由分子所成的微菌。如其是的，它們的大小必定與分子接近。有人提說它們代表一種新的非細胞的生物。

炭與氮的循環

我們現在可以追溯炭素與氮素經過植物動物，後復返到土地與空氣的循環變化了。

一七七四年勃里斯特別發見被小鼠「弄壞」過的空氣，設如把青綠植物放在裏面一些時候，它仍可以維持生命。一七八〇年應京好斯 (Ingenhousz) 證明這個植物的作用只有在日光下纔能進行。一七八三年沈列比耶 (Senebier) 指明此中的化學變化是把『固定空氣』(“fixed air”) 變成『脫燃質的空氣』(“dephlogisticated air”)，即由二氧化炭變成氧。一八〇四年德紹修 (de Saussure) 就這個過程做過定量的研究。這些結果引到里比希的研究并成立循環變化的普通理論，即在動植物體的生長與腐朽的過程中，炭與氮素所經過的循環。

造成植物重要的物質是葉綠素。它的化學組織與在日光下的化學反應都很複雜，就是現在還不十

分明瞭。但是它有我們所知道在地球上生存首要的能力，即用日光的能去分解空氣中的二氧化碳，放出氧氣而與植物組織的繁複分子中的炭素相結合。在葉綠素的吸收光譜中，最大的吸收恰與太陽光譜的最大能量相吻合，這樣一個手段與目的的適應，無論成立的經過怎樣，是很可驚異的。

有些動物依賴植物，有的依賴其他動物，以生存，而其結果都是依賴葉綠素所收集到的日光能量。動物呼吸時把炭素化合物氧化為有用誘導體或其排除物，其餘氧化時所發出的能量則維持體溫。就是植物也慢慢的放出二氧化碳，雖然在日光中這個變化恰恰相反。植物與動物一同歸還被植物吸收的二氧化碳於空氣，其他廢棄的有機化合物則積累於土中。在這裏它們被無數生活在土中的微生物所攻擊，變成無害的無機物質，同時有更多的二氧化碳傾注於空氣中。這樣炭素的循環就完全了。

與此相當的氮素循環是較近的發明。雖然維吉爾(Vergil)在他的農事詩中曾勸告農夫們在種麥之前須種黃豆，大巢菜與羽扇豆，這種作法有利的理由，則到一八八八年赫爾理格(Hallriegel)與衛爾法斯(Wilfarth)方闡明出來。(註七)豆莢科植物根上的瘤藏有一種微生物，它能固定空氣中的氮素，用神祕的化學作用把氮素變成蛋白質，傳遞到植物體內。一八九五年維諾格拉茲基(Vinogradsky)尋出另外一個程序，即土中的微生物直接由空氣中得到氮素，其所需要的能量則或由死植物的纖維分解而得。

在兩種方法中，植物均得到蛋白質。含氮的廢物復由土中適宜微生物的幫助變成銨鹽，這個先成炭酸銨，後再由微生物作用變為亞硝酸鹽，最後則為硝酸鹽。這些含氧較多的鹽類，是供給植物製造蛋白質所需氮素的最好來源。

里比希曾經表示礦物鹽在農業上的重要，但他疏忽了氮素的極端需要。這是在本世紀的中葉纔由吉爾柏與勞斯(Gilbert and Laves)在洛商斯特(Rohmsted)用科學方法加以研究，而他們的工作也就成了近代用人造肥料的重要基礎。植物生命中不可或缺但只須極小量的元素即氮，磷與鉀。設如

此三元素之一其量不足，則農作的收成必受限制，除非把不足的元素按照植物能利用的形式添加下去，植物不會自由生長。

人工施肥的研究使農人種地的方法得到更大的自由。舊日農家靠了輪種與休地的方法來維持各種土地的產量，現在我們可用歸還農作物所吸取的元素於土地的方法來維持土地的產量，於是舊日的方法也可以大大的改良了。

十八世紀的下半，有統系的世界探險工作前進不已，而且大部份是在真正科學精神下進行的。一七八四年英國的軍器部在杭斯洛赫石 (Hornslow Heath) 測定底線之後，開始三角法的測量。這樣法國地圖學家丹維爾 (d'Anville) 所擬始的精確地圖成為可能。

在敘述此時期的智識進步上我們很難把普魯士的博物學家與旅行家洪保爾特男爵 (Baron von Humboldt 一七六九—一八五九年) 的工作加以分類。他一生的大部份時間住在巴黎。他花了五年的時光在南美大陸及墨西哥海灣的海與島上探險，從這個旅行所得到的觀察，他主張承認地文學與氣象學是精確科學。洪保爾特是最早的一個人把地球表面用等溫線劃出來，這樣他得到一個比較各國氣候的方法。他登過安第斯山 (Andes) 的環或拉佐 (Mount Chimborazo) 及其他高峯，用以觀察隨海拔的增高而溫度降低的比率。他考慮過赤道帶暴風雨及空氣擾動的原因；他留意過火山活動帶的地位，提示這相當於地殼的裂罅；他調查過物質條件影響於動植物分布的情形；他研究過從兩極到赤道地球磁力強度的變遷，並且發明了『磁暴』 ('magnetic storm') 這個名詞來形容一個由他開始紀錄的現象。

到一八〇八年，他在巴黎住下來把他探險的結果整理印行的時候，他和拿破侖共享一個榮譽，即被當時認為歐洲最在前面的人。他的宇宙 (Kosmos) 一書，載了他一生工作的結果，直到他的事業將要完結時方始問世。此書最初兩冊於一八四五及一八四七年出版，但第三第四兩冊則直到一八五〇

至一八五八年方纔殺青。在此書中洪保爾特企圖把我們感覺所知的世界精確地敘述出來，同時也玄想地考慮一遍。這樣一個偉大的企圖，不能完全成功是不用說的，但無疑地他的工作有一個永久的價值，因為它把歷史上重要時代的一個大人物的希望與結論放在紀錄上了。

洪保爾特的努力與人格所引起的興趣，給了歐洲各國科學的探險一個激動。一八三一年，大不列顛派出『小獵犬』(Beagle)來做她可紀念的航行，『完成拔塔岡里亞 (Patagonia) 及梯拉得爾福果 (Tierra del Fuogo) 的測量，測量智利 (Chili) 祕魯 (Peru) 的海岸及太平洋上的一些海島，並環行世界完成逐年測量的鎖鍊。』這個航行曾公布『完全為科學的目的』，查理士達爾文即在船上做正式的『博物學家』。

幾年以後(一八三九年)，有名的植物學家虎克爾爵士 (Sir W. J. Hooker) 的兒子約瑟夫虎克爾 (Joseph Hooker) 一八一七——一九一一年) 加入了羅斯爵士 (Sir James Ross) 的南極探險隊，在那裏花了三年研究植物生命。後來他又參加一個半官辦的遠征隊，到印度的北邊。一八四六年，赫胥黎 (T. H. Huxley) 離開英國，在『響尾蛇』(Rattlesnake) 船上做外科醫士，在澳大利亞海的測量與作圖工作上過了幾年，他的熱烈的心情與銳敏的觀察力，對於缺之機會以做有普遍興趣的精密研究常致慨嘆。這樣，三個對於改革十九世紀思想最有關係的人物，每人都在科學探險的航行中當過一次學徒。有組織的發見與研究，到『詰難者』(Challenger) 的遠征而達到極點，此船於一八七二年出發，游弋於大西洋及太平洋中數年，凡關於海洋學，氣象學以及天然歷史有繼續性的記錄都搜集起來。

拉勃拉斯在企圖給太陽系的來源以一個合理的理論時，喚起人們對於這個問題的注意，並使人感覺研究地球本身的興趣，因為地球也是太陽系的一部份。很不幸的，是在某些國度中反抗教廷權力的思想自由雖已存在，但聖經文字靈感說的暴威則已確立不拔。所以在創世紀以外任何關於地球原始的

看法要得一般承認，必須經過一次新的爭鬪。即在十九世紀的中年，曾有人認真的辯說化石是上帝（或是魔鬼）埋藏在地下以試人類的信心的，然而我們曉得化石暗示另外一套故事。

從曠古以來，在開礦的進程中我們得到一些岩石，金屬與礦物的智識。有些希臘哲學家及達文啓與拔利舍（Palissy）曾在化石中認出動植物的遺骸，但一般人則認化石爲造物的遊戲（Lusus naturae），一個神祕的成形力的產品或自然界以各種方法造成所愛形式的傾向。用化石來探索地球歷史的可能性僅爲少數離散的觀察家所承認，如石遜生（Niels Stensen）（一六九九）即是一個，但他的意思沒有得到一般的接受。伍德沃（John Woodward 一六六五——一七二八年）所採集的大量化石後來捐贈與康橋大學的，大有助於化石導源於動植物的看法。一六七四年，裴勞特（Perrault）證明地球表面上的雨量足以解釋河流泉水的來源而有餘。（註八）雖然如此，說明地球何以達到現今狀態的企圖，仍非與聖經中的天地開闢起源於洪水或大火災難的說法相吻合不可。

第一個有統系的和這個觀點相爭鬪的是詹姆士虎頓（James Hutton 一七二六——一七九七年），他在一七八五年發表了他的地球論（Theory of the Earth）。自然程序的熟悉促成了科學的進展，這樣又是一例。虎頓要想改進他在柏韋克縣（Berwickshire）的一個小農場，在諾爾福克（Norfolk）研究過本國農業，再到比利時荷蘭及法國北境研究外國的農業方法。他對於熟識的溝坑河林等熟思了十四年，然後回到愛丁堡奠定近世地質科學的基礎。虎頓覺得岩石的分層與化石的窩藏，眼前仍在海濱湖澤之下進行。虎頓說，『非自然存在於地球上的勢力不用，不了解其原則的作用不取』——一個真正的科學規箴是避免不必要的假設。

虎克的『同形說』（“uniformitarian theory”），在威廉斯密氏（William Smith）根據化石的存在把各岩石相互關係的時代決定以前，在寇維葉把從在巴黎附近找到的化石與骨骼重新構成久已絕種的哺乳動物以前，在拉馬克（Jean Baptiste de Lamarck）比較現今的及化石的介壳而加以分類以

前，最後在來耶爾爵士 (Sir Charles Lyell) 把所有關於改變地球的勢力，如水，火山，地震等，以何情形并至何程度作用於地球的一切可能的徵驗，以及一切關於化石的已知事實，收集在他的地質學原理 (Principles of Geology) 中，於一八三〇——一八三三年出版以前，不曾得到普遍的接受。長久繼續作用的積累效果，此時方纔充分的把握住了；人們覺得用了岩石的紀錄，根據眼前仍在進行的自然作用的觀察而為推理，至少在有生物的時代中，我們可以尋出地球的歷史。

地球上人類年代的問題，對於人類尤有特殊興趣。原始人類所用的石器的發見以及骨類及象牙彫刻物件在不可認識的或在歐洲已不存在的動物遺骸的附近發見，使來耶爾於一八六三年能把人類放在生物種類的長統系的位置中，而且指出他在地球上的存在必定經過很長的時期，比我們承認的聖經年代所考慮到的任何時期都要大過無數倍。現在覺得我們的祖宗，似乎從一個遠較原始的情形中脫穎出來而成爲真正的人，約在十萬年至百萬年之間，而文明不過是五千至六千年間的事體。

自布豐發表了他的大著作動物的自然歷史 (Natural History of Animals) 以後，另外一個法國人再着手分類的題目而把它放在堅固確定的基礎上。喬治寇維葉 (George Cuvier 一七六九——一八三二年) 是一個新教徒武官的兒子，他的父親由珠納 (Jura) 遷到衛吞堡 (Württemberg) 保護國境內。他當法國革命及恐怖時代，在諾曼得 (Normandy) 平靜地用功；隨後返到巴黎，不久即在法國學院 (Collège de France) 得了重要地位。他的特殊貢獻，是在博物學家們中，他乃最早的一人，有統系地把現在的動物與遠古的化石遺骸相比較，表示生物發展的研究中，過去與現在應當同樣注意。寇維葉占在科學發明新時代的門口，他的偉大著作動物界 (Le Règne Animal, distribué d'après son Organisation) 成了認宇宙現象爲靜止的問題而研究，與認宇宙爲演化大劇中變動節目的一串，兩種看法的一個連環。

很不幸的，是在科學家與實際園藝家與農家之間，缺乏密切的聯絡，後者用了雜交與選擇的方

法，已產生許多動植物的新種，或把已成立的種別加以發展。十八世紀的末年，柏克衛爾 (Bakewell) 把長角羊的種類改良了，成立新而有用的里斯台種 (Leicester sheep)。柯林 (Colling) 兄弟應用柏克衛爾的方法改良在梯石 (Tees) 山谷的短角種，這樣成立了英國羊種最重要的種類。

有多數植物的變異忽爾自然而然的出現，這是園藝家習知的事實：

例如一種劣種的豌豆，忽然會生出優等豆實的枝條；山毛榉無理由地忽然會長出綠葉扶疏的枝幹；或山茶會開出意料不到的好花。這些變態植物，如其從母樹取下加以接殖，它們可能傳遞下去。許多園圃中的花與果是從這樣得來的。(註九)

但我們曉得雜交的結果常比純種生育不善，有時簡直不能生殖。

自然界中演化進行的觀念至少與希臘哲學家的時代同其古舊。赫拉克里達 (Heraclitus) 認為凡物皆在流動狀態之中。恩丕多克斯 (Empedocles) 告訴人說生命的發展是逐漸的，不完全的形式慢慢地為較完全的形式所代替。到阿理士多德時，懸揣似乎更進一步，以為較完全的形式不但在時間上來於不完全形式之後，事實上即從不完全中發展而來。原子論者常被稱為演化論者，他們似乎認每一物種皆係重新出現。但在相信只有與環境適合的物種纔能生存時，他們接觸了自然選擇論的主要精神，雖然他們的論據還不充分。有人曾說『在科學中沒有事實根據的意見，不能藉口它是對的而固執不舍。』希臘哲學家所能做到的，僅是成立問題并對其解決作懸揣的猜度，這在其他許多智識的門類上也是同然的。

真的，要使演化的意思值得科學家加以考慮，還須等待二十年的時光以及無數辭賦而不事哲學推論的生理學家博物學家的勞作，來收集觀察的與實驗的證據。這是一個極好的科學態度的例證，即當與件尙欠完備時，博物學家寧願懸而不斷，而以其學識之於哲學家，且在達爾文與瓦拉斯 (Wallace) 發表其同時的工作以前，科學界的意見，就已發表的而言，無寧是反對演化論。反之，哲學家對於一

個尚不能成爲神學研究的問題，繼續維持其懸揣的理論，也有他的用處。他們使一個積極重要的問題存而不決，他們提出的解決方法，到相當的時候，也可以成爲科學家的工作假設，而讓科學家來做最後的決定。因此，自然的情形，是在學術復興的時候，演化的意思多出現於哲學家的著述中，如培根，德卡爾，來布尼茲及康德等。同時科學家慢慢地，在事實上用功，經過哈維的胚胎學及銳氏的分類統系，正照着同一方向進行。有些哲學家，在考慮物種的突變及試驗探討的可能性上，甚至達到極近代的觀念，但我們不要忘記有些稱爲演化論者的哲學家——達爾文的前驅——看演化是理想的而非事實的。荷特 (Goethe) 的有些見解屬於此類，謝林 (Schelling) 與黑格爾 (Hegel) 的亦復如是。在他們看來，物種彼此的關係在於內部的意思，在概念的範圍內代表它們。黑格爾說『變化只能說是意念中的事，因爲只有意念是在演化。……看由天然的形式及範圍變化到較高的地位是外面的與實際的產物，是一個蠢笨的觀念。』

由理想的觀點來看演化，並不減少哲學對於演化論貢獻的價值。最有趣味也最奇怪的，是哲學家與博物學家分道揚鑣，各事其事，直到最後的一刻。斯賓塞爾 (Herbert Spencer) 雖也是有資格的生物學家，他首要的還是哲學家。他在達爾文的物種原始 (Origin of Species) 還未出書以前幾年，已經宣傳一個生長成熟切實具體的演化主義，同時大多數的博物學家尚不願隨聲附和。就是植物學家哥德朗 (Godron) 曾經搜集過不少的變異徵驗，遲到一八五九年，即物種原始出版的一年，仍反對演化的意思。哲學家是對的，博物學家也不錯；他們每人遵循正當的途徑。哲學家所處理的是一個哲學問題，它還不會達到科學檢討的地位。博物學家對於徵驗不充分與工作上不能提出滿意建議的懸擬不遽予接受，也正是真正科學的審慎態度。

雖然如此，即在十八世紀，更多的在十九世紀的前半，漸漸地有不少的博物學家，不願當時一致流行的科學意見，主張一種演化的理論。布豐游移於索期 (Sorbonne 即巴黎大學) 正統派與『生物連

繫』(“Penetration des étres”)的信仰之間，提出環境直接改變動物的理論。達爾文的祖父伊拉思瑪斯·達爾文(Erasmus Darwin)是詩人，博物學家與哲學家，得到一種微茫的啓示，後來在他的孫兒手中更有圓滿的發展。他的教訓說，『從動物的變化如由蝌蚪到蛙，……由人工造成的改變如馬，狗，羊的養育，……氣候與季節造成的變化，……一切熱血動物構造上重要的統一，……我們得到的結論是他們是同樣爲一個類似的活着的纖維所造成。』

最初的一個有關聯，合於邏輯的理論，是由拉馬克(Lamarck 一七四四——一八二九年)提出的，他要在環境造成的改變積累遺傳上尋求演化的原因。照布豐的見解，環境對於個體構造所生的變化常常微小，拉馬克主張如其必要的習慣改變恆久不已，它可能改變奮機構，或有必要時發生新機構。例如長頸鹿的祖宗因爲繼續伸長頸頸去吃高處的樹葉而得到長頸，此機構的變化又因遺傳而加甚發展。雖然這樣的遺傳沒有徵驗可尋，但它不失爲一個理由充足不相矛盾的工作假設，爲其他博物學家如麥凱爾(Meckel)所應用與推闡。

環境對於個體的效應以及外界情形所能發生的變化既爲人們注意，其對於思想與行動將有極大的影響，自不待言。有時個體儘管發生深切的變化，而其種別則仍一成不變，這是很難相信的事。因此十九世紀的許多社會慈善事業，都建立在默認環境爲變化原因的理論上。雖然如此，時間使我們明瞭外鑠性質的遺傳，即使有的話，也很不易發見。關於這個問題的討論，即在一九二九年的現在，還不曾結束。

另有兩個堅持環境對於個體有直接作用的演化論者是聖赫里耶(Etienne Geoffroy Saint-Hilaire)與錢博斯(Robert Chambers)，他的匿名出版的創造的痕迹(*Vestiges of Creation*)曾風行一時，對於預備人心來接受達爾文大有幫助。

但達爾文工作的中心觀念，應該單獨的感謝一個人，此人由於奇異的機遇也給了同樣的頭緒與瓦

拉斯，此人是多瑪斯洛伯特馬爾薩斯 (Thomas Robert Malthus 一七六六——一八三四年)，有一時期曾做薩列 (Surrey) 阿爾伯利 (Albury) 的副牧師。馬爾薩斯的時代，英國的人口增加極速。一七八八年，他的人口論 (Essays on Population) 第一版出世。在此書裏，他宣稱人口的增加常比食物的增加快，只有靠了饑饉，疫癘和戰爭來除去多溢的個體，纔使食物夠用。在較後的版本中，他加入了節制生育的重要，這在當時，大概用遲婚來實行，但在應用於人類上來說，卻不免削弱了他的單簡明瞭的論點。

達爾文自己關於此書在他心中的作用，曾有如下的紀錄。他說：『在一八三八年十月，我偶然讀馬爾薩斯的人口論以資消遣。我曾經長時間中繼續觀察過動植物的生活情形，對於到處進行的生存競爭有深切的了解，立刻感覺到這些情形之下，適於環境的變種將得保存，不適的必歸消滅。其結果則爲新種的形成。於是我有了一個工作的理論。』

得到這個察察神悟的人，在遺傳上環境上都有十分利用它的資格。查理士，洛伯特，達爾文 (Charles Robert Darwin 一八〇九——一八八二年) 是洛伯特衛甯達爾文 (Robert Waring Darwin) 的兒子，他的父親是薛魯斯伯列 (Shrewsbury) 鄉間極能幹的醫生，頗有資產。他的祖父是伊拉思瑪斯，達爾文，上面已經提到了，外祖父約胥亞魏吉伍德 (Josiah Wedgwood)，是埃脫魯里亞 (Etruria) 的陶工，也是富於科學能力與發明的人。練吉伍德是斯塔福縣 (Staffordshire) 小地主舊家，達爾文家也是地主，但來自林肯縣 (Lincolnshire)。查理士達爾文最初在愛丁堡攻讀醫學，後來改到康橋的基督學院 (Christ's College, Cambridge)，意欲成一個牧師。他在『小獵犬』船上做博物學家，航行於南美洲海中五年，得到很好的訓練。在熱帶與亞熱帶的陸地上，生物蕃茂，達爾文看到一切生物的互相依賴，在航行歸來後不到一年，他已經開始整理許多與物種變遷有關的事實的紀錄。十五個月以後，他讀了馬爾薩斯的書，發見了使他構成新種所由發展理論的頭緒。

屬於一個種族的個體，其天賦性能各不相同。達爾文對於這些變異的原因不提供意見，但接受其存在的事實。設如因生殖過蕃或配偶的競爭過大而受到壓迫時，任何性能對於生存或選偶的競爭有用的即有『遺存的價值』(“survival value”)，而使具有此種性能的，得有延長生命或得到配偶與產生多數後裔，以繼承這些有益的變異的特殊便利。沒有這種性能的個體漸次積累的淘汰去了，於是此種性能擴張到全種族。這個種族改變了，一個不同的永久的種別慢慢地成立起來。這是一個新觀念；它在思想史上的重要，赫胥黎會有確當的說明。赫氏靠了他敘述的天才，論駁的技術與爭辯的勇氣，對於強迫一般人接受達爾文及瓦拉斯的見解，比任何人的盡力都多。他說：『新種可由個體所代表的特殊形狀的變異，經過外境選擇作用而形成的提議，在一八五八年以前，無論科學思想歷史家或生物學家，都是一無所知的；上面所說的變異，我們叫它『自然發生』，因為我們不知其原因所在。但這個提議是物種原始的中心意思，它包含達爾文主義的精髓。』

用了這個意思作工作的假設，達爾文花了二十年的工夫去搜集事實及施行實驗。他閱讀旅行游記及關於運動遊戲，天然歷史，園藝種植及家畜培養的書籍。他施行家鴿交配的實驗；研究過種子的傳播以及地質上地理上動植物的分布。在融匯事實，權衡事實與一切繁複問題的關係以及最後排比事實上，達爾文表現無上的本領。他的純粹的誠直，愛好真理與心境的平正與靜定，都是理想的博物學家的模範。為工作的嚮導儘管成立許多假設，他絕不讓先入之見蒙蔽了事實。他曾說，『我不斷努力使我的心無拘執，以期任何心愛的假設(我在每一問題上都喜歡成立一個)，只要見到與事實不合時，立刻可以放棄。』

達爾文在一八四四年已經堅信物種并非不變的，而它們起源的要因是自然選擇，但他年復一年的繼續工作以期得到更可靠的徵驗。一八五六年來耶爾敦促他發表他的研究結果；達氏自覺尚未完全滿意，仍未聽從。一八五八年六月十八日他接到阿爾弗列·羅沙·瓦拉斯(Alfred Russel Wallace)由泰

勒特 (Ternate) 寄來的一篇論文，是讀了馬爾薩斯書之後於三天內寫成的。在這篇論文中，達爾文立刻認出他自己理論的要素。他不願意使他二十年的在先權——這是他應有的權——打消了瓦拉斯工作的興趣，因把此事交與萊耶爾與虎克爾，他們兩人和雷奈學會 (Linnean Society) 議定，於一八五八年七月一日，把瓦拉斯的論文和達爾文於一八五七年致阿薩古列 (Asa Gray) 的一封信，及他在一八四四年所寫的關於他的理論的節要一并發表。

達爾文於是下手工作，把他多年勞力的結果簡地寫了出來，一八五九年十一月二十四日，他的書名 *Origin of Species* (物種原始) 的遂出世了。

我們已經追溯演化思想的各派支流——天地開闢論的，解剖學的，地質學的與哲學的——共趨一途，而為物種不變的成見所阻，聚集在堰閘之後成為洪水。達爾文自然選擇的徵驗巨流，以不可抵抗的威力把這個堰閘打破了，於是肥沃的洪水遂泛濫於思想的全域。經過了七十年之後，事實的知識增加了，使我們覺得達爾文尤其是他的門徒，如在他們以前的希臘原子論者一樣，淺看了生命問題的複雜性。雖然從形態學與古生物學的事實上看來，演化的一般進程是明顯不過的，然而物種起源的詳細還不會闡明出來。僅僅自然選擇似乎還不能成為正確的解釋。但後來發展的審慎精神，不能減少達爾文原理的歷史重要性。它也許最後證明其不充分，但在當時確為必要的假設。自然選擇的意思引到一個比他自已更為重大的事件——有機演化論的接受。

最初許多人覺得把人類宗教及哲學的進步標記一概抹殺，這個效果太淒慘了。我們在斥責他們以前，不可不一迴想當時一般的態度。現在演化的意思已成我們智慧前膽的熟悉因素，很難想象它是怎樣的帶有革命色彩，而且在把它的徵驗陳列於世界面前時，能夠有判斷能力的人是怎樣的少數。這些徵驗是從詳細考查生物或化石遺骨得來，對於要去否認從它們得出的結論或要拋棄祖宗以來的信仰的人們，是不熟悉或者是不知道的。在責怪他們以前，讓我們誠實地問問我們自己，從事物的表面看

來，在蛙與孔雀，沙門魚與蜂鳥，象與小鼠之間，是不是相信個別創造比共同祖宗要容易得多。除了少數能了解達爾文的徵驗并領會他的積累證據的力量的人以外，一定覺得演化的觀念是勉強而可笑的。

這個新觀念就是有些博物學家也覺得不合口味。大解剖學家沃溫爵士 (Sir Richard Owen) 曾在 Edinburgh Review 上發表了極嚴厲的反駁文字，他的許多同事也贊同他的意見。但虎克爾立刻附從達爾文的意思，赫胥黎，古列盧博克 (Lubbock) 卡彭台 (W. B. Carpenter) 又立刻附從虎克爾，而來耶爾在一八六四年秋天的皇家學會晚餐會中，正式宣布他的皈依。

自始，赫胥黎即是這一班演化論家的主要角色——他自命為『達爾文的看家狗』。他以偉大的勇氣，能力與明晰的發揮來應付由四面八方來的對於達爾文物種原始的攻擊，并且時時子狼狽的敵人成功的反攻。

赫胥黎 (Thomas Henry Huxley) 於一八一五年生於伊林 (Ealing)，但他的祖宗來於柯文脫里 (Coventry) 及威爾斯沼澤地，所以他具有邊境民族的爭鬪性。他告訴我們，物種原始出版對於當時科學家的影響，有如黑暗中的一道電光。他寫道：

我們不願把信心結着在這個或那個懸揣上，但要抓着一個明白確定的觀念，它可以與事實相對照并可經過證驗。原始給了我們一個所要的工作假設。不但如此，它於我們有很大的用處，使我們永久脫離那個兩難的窘境——你不願接受創造的說，但你有甚麼使小心慎思的人接受呢！在一八五九年，我不能回答這個問題，我也不信任何人能有回答。一年以後，我們怪自己愚蠢為這樣的問題所難倒。我記得當我把原始的意思完全了解時，我的感想是「這樣的事理也想不到，真愚不可及」。

一八六〇年，赫胥黎與韋爾柏佛斯主教 (Bishop Wilberforce) 在科學協會的牛津會議中有名的

決鬪，是常常被人引述的。(註一〇)韋氏在青年時代曾在牛津的數學院得過頭等獎，他的大學認他於自然智識的各部門無不精通，所以選定他來主持正統的主義。主教對於此問題并無真知灼見，只想用譏評來毀滅演化的觀念，赫胥黎對於他的論點加以有效的辨正之後，對於他的不知而作，更與以嚴厲的抨擊，同時盧博克爵士 (Sir John Lubbock) 即後來的阿維柏列助爵 (Lord Avebury) 則說明胚胎學上演化的證驗。

到辯論與譏評不能阻止達爾文學說傳播的時候，他的對手採取平常的步驟，說這個學說并不是他的創見。但對於這個問題有裁判資格的人卻有不同的見解。在牛津聚會的兩年以後，赫胥黎寫信與來耶爾說：

設如達爾文的自然選擇是對的，這個真因的發見，使他在我的心中比他一切先輩占一個不同的地位。我不能說他的主義是拉馬克主義的蛻化，猶如我不能說牛頓的天體運動說是托倫密統系的蛻化一樣。托倫密想象一個解釋這些運動的情形。牛頓從在作用上可表驗的定則與力上證明它們的必要。我想，如其達爾文是對的，他將與哈維等人立於同等地位，即使他是錯的，他的思想的清晰與正確，也不能與拉馬克同日而語。

誠然，赫胥黎曾指出證驗的一個缺點。集合變異而成新種的觀念，忽視了一個事實，即同類而差異的物種，雜交後往往生殖不蕃。設如物種有一個共同的來源，那末，我們看不出這個不蕃的理由在那裏，而且我們也找不着清楚的例證，表示不蕃的雜種，乃是用實驗方法，由一個共同來源傳來的多產父母所養育的。

也就是在這裏，以自然選擇為主要決定力量的主張最有問題。適者生存的說法，在說明演化的輪廓上很可合用，但應用在特殊的差異上就不行了。達爾文的哲學告訴我們，說每一物種如要生存，必須彌補自然的缺憾但沒有人能說我們所認為特殊的差異——常常是清楚固定的——怎

樣能使物種去彌補缺憾。(註一)

赫胥黎須把這困難指出，當時沒有人覺得是嚴重問題。人們覺得多一點工作會把它弄清楚，直到二十世紀大規模施行科學的育種實驗，纔感到此問題的重量。生物學家當最初的奇異感消除之後，便接受了演化論并承認自然選擇是正確而充分的原因。

雖大陸上最著名的人類學家維爾周不曾接受達爾文的理論，但演化由自然選擇與適者生存以進行的觀念，在德國得到極熱烈的歡迎。赫克爾與其他博物學家并其附從的條頓哲學家與政論家協同一致建立所謂達爾文主義 (Darwinismus)，這使他們的許多信徒比達爾文自己還要達爾文些。

同時達爾文自己的關於變異與遺傳的觀察與實驗方法，反陷於中止的狀態。人們接受自然選擇為演化與物種來源的正確而經過證明的原因。達爾文主義不復是試用的科學理論而成了一種哲學，甚至一種宗教。實驗生物學轉其注意於形態學，特別是胚胎學。由麥克爾提出黑克爾加以推闡的假設，說本體的發展跟隨并表徵種族的歷史，使胚胎學賦有演化的意義，於是遲緩而多勞的研究方法更無人過問了。

有統系地在田野中研究動植物的博物學家與在園圃農場上育成新植物動物的育種家，則日擴充其關於物種及變異的正確智識。在博物學家與育種家看來，物種是常常界劃分明的，新種不是由感覺不到遞變所成，而是得於忽然，常常是很大的突變，并且自始即成純粹的育種。但試驗室中的形態學家無人肯參考實行家，或看重他們的經驗智識。白特生 (Batson) 說，「一九八〇年中的演化論家，的確以為物種是統系論者胸中的一種構型，不值得識者注意的。」實在到了一九九〇年後，在實驗室中生物學家，在大陸上以德弗里 (de Vries) 為領袖，在英國以白特生為領袖，方重新回到變異與遺傳的研究。

達爾文自己雖相信自然選擇是演化的重要原因，但并不摒棄拉馬克的意思，說因久用或久廢而得

的特性可以遺傳。當時所有的證驗還不能解決這個問題。但在十九世紀將終之時，外斯曼 (August Weismann) 爲這個問題開了一個新頁。他指出身體細胞與身體內的生殖細胞必須截然分清。身體只能產生與自己相同的細胞，但生殖細胞不但產生一個新單體的生殖細胞，并且產生體內一切無數型式的細胞。因此造成一個生殖細胞的單位，必須有夠多的數目與種類及分布的差別，以形成自然界無數的機構。生殖細胞由細胞原型一脈相傳，復生生殖細胞，但身體細胞常溯源於生殖細胞。這樣，每一個體的身體，不過是父母生殖細胞比較的不重要的副產品；它可以死，也不留下後裔。重要的傳統是細胞原型，它由細胞傳到細胞有一個不斷的歷史。

從這個觀念看來，生殖細胞的產品不會被身體所受的改變所影響，是極可能的。生殖細胞也許會被它的身體所損害，但未必改變它的性質。因此外斯曼對於外鑲性質遺傳的證驗曾作嚴密的檢查，而每一證驗都覺得不夠準確。自此以後，觀察與實驗曾經發見有些場合，長久繼續的環境改變也許發生一些效果，但這些似乎是例外而未爲一般博物學家所承認。

外斯曼的結果發表時，曾引起一度周章。生物學家依賴『用與不用』來解釋不會解決的適應之謎。演化論的哲學家，特別是斯賓塞爾，表揚此種外鑲性質的遺傳爲種族發展的重要因素，而慈善家教育家及政治家則默認這個真理是社會『進步』的基本原則。生物學家不久就接受這個新意見了；但斯賓塞爾一直到死還和外斯曼辯論；(註一)政治改革家即到眼前對於和他們成見相反的理论仍是熟視無睹。不過承認外鑲性質的不能遺傳，即等於說『生成』(“nature”)重於『養成』(“nurture”)，遺傳重於環境。改進生活的情形，個體當然會得到好處，但除了自然或人爲選擇的間接方法外，它不能對於種族的天賦性質有任何改造。

外斯曼提出的特殊機構用來解釋遺傳的，也許不過是一些聰明的懸想，但可用以指導他的許多門徒的研究工作，使他們去考查生殖細胞的形成與由生殖細胞而發展的身體細胞的確定程序。這些新研

究開始於十九世紀，但最可驚的結果後來纔得到，所以這個問題，留待第八章中討論較為適當。

前世紀的末年，也是另一個新智識爭論的開端。(註一三)純粹達爾文主義的主張者如外斯曼，認定自然選擇是一個可以充分解釋適應以及演化的原因。不但如此，他們并假定自然所據以選擇的差異是極微小的，例如人體身長一串繼續的差數。在夠多的數目中，我們可以找到在中數兩邊頗為寬廣的範圍內，多數身長的相差不過百分之一英寸。選擇就假定在這樣細微的差異中進行，而且只要給它足夠的時間，它可以產生新的差別及新種。

但在新世紀開始以前，有些博物學家，尤其顯明的是得弗利與白特生，利用育種家，飼鳥家與園藝家的多年經驗來作起點而行實驗，找出上面所說的意思與事實不合。大的突變常常發生，特別是在交配以後，而新的異種立時出現。到一九〇〇年，久被忘記的孟德爾工作重新發見，一個新章又經開始。看來好像微小變異的選擇如不能說明演化，這些新觀念似乎可以。這個希望有多少成功，在第八章將加以討論。

在由達爾文復興的一切學術中，人類學，即人類的比較研究，得益最大。真的，我們即說近代人類學發生於物種原始亦不為過。赫胥黎的人類頭骨研究，起於達爾文學說的爭論，也即是人體特點的精確量度的開始，這種量度乃人類學所依賴以成立的。此後一切的工作都以自然選擇及演化的觀念為依據。

不過在他方面，人類學也有它的發展根據。同樣的喜新心，好奇心，以及收藏家的搜集癖帶了異域的動物植物到歐洲的園圃與博物館，也帶來了代表一切發展階段的其他民族的美術及工藝產品以及其他宗教的法物祭器。

當人類學家開始工作的時候，大部份必要的材料已經齊備，熟悉或分類了，它們僅等待着新的解釋以發現其內在意義的另一方面。

達爾文在物種原由裏不曾考慮人類的底細，雖曾指出他的關於一般物種的結論，對於這個問題有明顯的關係。一八六三年，赫胥黎於盡量的研究解剖學的徵驗以後，宣言人在身體與腦方面與有些猿猴的差異，比猿猴與猿猴間的差異還要少些。(註一四)他於是回到雷索的分類法，把人類放在靈長目的第一科。在心理上人與猿猴的距離更要大些，但脊椎動物的心理作用與人類的心理作用有相對應之點，雖然不及人類的有力與複雜。這個在布列門(Brehm)的動物生命(*Thierleben*)及達爾文的較晚著作中皆曾指出。(註一五)反之，瓦拉斯主張人類應該與其他動物分離，他不但是生物大系的頂點與頭腦，在某些程度內，簡直是生物的一個新的清楚的品類。(註一六)

人類常依身體的特點分為不同的種或族，雖然身體特點及心理特性之間常有相互關係的意思，也是一般承認的。因皮膚顏色的不同，人類常分為白，黃，褐，黑等種，雖在分別人類為真實種族時，其他的特點也得加入考慮，而且再下的分類也屬必要。次於皮色的重要性是頭骨的形狀，平常用瑞修斯(Petersen)的方法來分類。從頭骨的上面看下來，把由前到後的長徑當為一百。以此為準，其短徑或橫徑即是所謂頭骨指數(cephalic index)。設如指數小於八十，其頭骨即稱為長，大於八十，其頭骨即稱為扁。

我們可用歐洲人民的分析來表示這些方法的應用與結果。(註一七)從身體方面講，歐洲人民有三個不同的特點：身長，皮色與頭形。就大多數的平均說，我們由南到北向波羅的海(Baltic)進行，身長逐漸加高，皮色加淡，設如轉向南行，則身長變短，皮色變黑。在中間的阿爾布(Alpine)區域，身長與皮色亦在兩者之間。但頭骨形狀則是另一故事。在北與南的人民都是長頭，他們的頭骨指數是七十五到七十九，而山中的圓頭人民則具扁頭骨，其指數為八十五至八十九。

要說明這些事實，我們得假設歐洲有三種原始民族：第一種民族是在波羅的海邊的身高皮白的北方民族，他們的種族極為純粹。第二是身短皮黑的南方民族，他們生長在地中海沿岸以至大西洋的海

邊。這種種民族都是長頭。但地理上介於兩者之中的是圓頭的阿爾希民族，身長與皮色也居於二者之間，生長在中歐的山岳地帶。從一方面說，歐洲的歷史，即此三民族的遷徙與互輔作用的歷史。
(註一八)

同樣的研究方法利用身體的其他特點如頭髮組織之類，曾用來研究各大陸的人類，在這些大陸上有更多原始人類可以找到。

自從來耶爾敘述過在地質紀錄中人類殘留下來遺跡以後，又有許多發見，表示各民族在遼遠的先史時期，已經有各別的特殊。在十九世紀中曾作了許多工作。我們曾經發見在幾萬年以前，穴居的人已經畫了很生動的野牛與野豬來裝飾他的石壁了。一八五六年在列安得泰 (Neanderthal)，一八八六年在斯派 (Spy) 地方發見了更古的人骨，表示更原始的人類的存在；一八九三年杜布瓦 (Dubois) 在爪哇的復新紀地層中發見了一些人骨，大多數的威權認為此骨屬於介於猿人及最早人類之間的一種原人。

人類不能認為是現在所知的任何猿類的後裔。但他即使不是猿類的直接苗裔，至少是疏遠的親屬。也許在現在尚存的一切猿類之外另有一些不同的形相是他們共同的祖宗。進化的行程比起初想到的更為複雜，是確定不易的。生長於可見的歷史平原上的分枝別幹，乃由深藏在皇古地下的複雜本根發展而來，而此過去已不能重新出現了。

統計法的研究應用於人類學，可以說開始於比利時的天文學家桂特列 (L. A. J. Quélet) 一七九六——一八七四年)。桂氏在一八三五年及其後曾指出或然的理論可以應用於人類問題。(註一九)他指出蘇格蘭士兵的胸圍量度或法國徵兵的身長，圍繞一個平均數而變動，這和鎗彈圍着靶子的中心而分布，或賭場上運氣高低的定律，是一樣的。用圖線來表示，則如第七圖，量度所示的差異曲線，除了兩邊係對稱之外，和表示氣體分子速度的曲線極相像。

一八六九年達爾文的表親弗蘭西斯哥爾登 (Francis Galton) 應用出現於物種原始的遺傳觀念於人類心智的遺傳。(註三〇)他用考試分數對於受試人的分布，證明同一定律在身體特性及分子速度有效的，在心智上也有效。大部份的人都屬於中等智力，由中等而上向天才一面，或由中等而下至愚頑一面，其數目皆照熟悉的形式減少。

一個第一名甲等數學優級生所得的分數，約三十倍於最低的名學生，而後者的分數也許比普通及格的學生高，設如他們去受同樣的試驗。因為有時間的限制，這些分數不能代表智力的差別，而此差別必定是很大的。高爾登把『優秀』(“*eminent*”)這個字限用於每一百萬人中二百五十人所有的特性，而『傑出』(“*illustrious*”)這個字限用於每一百萬人以上一人所有的特性。

在等級的另一面，一百萬人中約有二百五十人為無希望的癡愚與冥頑，他們以另一情形離開通常的標準，正如優秀的人在另一方向離開一樣。從書籍的研究，哥爾登找出優秀的人，就各方面合計，常比任意挑取同數的人有較大多數的優秀親屬。例如他說一個能幹裁判官的兒子成功的機會，比普通人要大五百倍。設如有人提出反對，說裁判官幫助他兒子成功的機會比他人多些，那末，我們可以答覆說哥爾登的數字也表示一個裁判官常有一個能幹的父親如同有一個能幹的兒子一樣，而裁判官不能有機會去教育或栽培他的父親是顯然的。用了這樣證據，高爾登公平地駁回了對於他的著作的批評。我們不能過分重視他的數字，但大概的結果是正確無誤的。關於個人的預測雖屬不可能，但就多數的平均而言，才能的遺傳是確定的；天賦才能有很大的差別；而一般所認為民主的觀念說人生而平等，是可

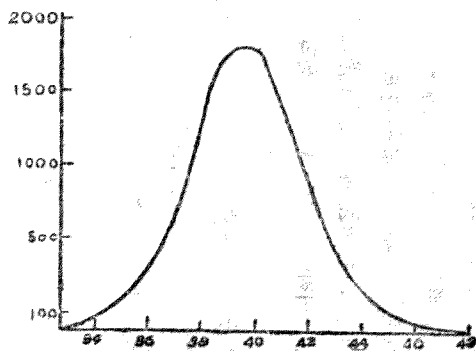


圖 七 第

證明的錯誤。達爾文的自然選擇說，使人相信任何法律上，社會上或經濟上環境的改變，必定對於混合民衆中的某些特性特別有利，因之可以改變人民的平均生物性。哥爾登自始即疑惑外鑲性質的遺傳，到外斯曼的工作指出贊助外鑲性質遺傳的徵驗沒有一個經得住嚴厲的考核時，高爾登的原則更加顛撲不破了。很顯明的是，環境的力量過於被重視，教育僅能把已經存在的優點發展出來，而一個民族的生物性僅能由幫助較優的特點而加改進。育種何以是最重要的理由可不言而喻了。

(註一)爲舉例見著 Sir Edward Thorpe, *History of Chemistry*, London, 1921。

(註二)見本書第四章。

(註三)著 Article by G. Elliot Smith, *The Times*, August, 22nd, 1918。

(註四)著 Michael Foster, *Claude Bernard*, London, 1899。

(註五) E. Nordenskiöld, *The History of Biology*, Eng. Trans. London, 1929。

(註六)此處的卡洛里是所謂『大卡洛里』等於熱一千克的水升高攝氏一度所需的熱量。它比物理學上所用的卡洛里大一千倍。

(註七)著 Sir F. J. Russell, *Soil Conditions and Plant Growth*, 4th, ed. London, 1921。

(註八)見 F. D. Adams, *Science*, LXVII, p. 530, 1928, quoted in *Isis* XIII, p. 180, 1929。

(註九)著 Art. 'Horticulture', in *Ency. Brit.* 9th, ed. 1881。

(註一〇)著 *Life of Darwin*, Vol. II, p. 320; Leonard Huxley, *Life and Letters of Thomas Henry Huxley* Vol. I, p. 180。

(註一一)著 William Bateson, *Address to the American Association Toronto*, 1922。

(註一二)著 G. C. Bourne, *Herbert Spencer and Animal Evolution*, Oxford, 1910。

(註一三)著 A. Weismann, *The Evolution Theory*, Eng. Trans. J. A. and M. R. Thomson, London, 1904; Bettrice Bateson, *William Bateson, Naturalist*, Cambridge, 1928, p. 449。

(註一四)著 E. H. Huxley, *Man's Place in Nature*, London, 1863。

(註一五)著 Charles Darwin, *The Descent of Man; The Expression of Emotions in Man and Other Animals*,

(註一六)著 A. R. Wallace, *Natural Selection*, p. 324。

- (註一七)著 W. Z. Ripley, *The Races of Europe*, Boston and London, 1899。
- (註一八)著 A. C. Haddon, *The Wanderings of Peoples*, Cambridge, 1911。
- (註一九)著 Sir J. H. Huxley et al., *Developpement de ses Facultés*, 1885. *Physique Sociale* 1889. *Anthropometric*, 1870。
- (註二〇)著 *Hereditary Genius*, London, 1869。

第七章 十九世紀的科學與哲學思想

科學思想的一般趨勢——質與力——能量的理論——心理學——生物學與唯物主義——科學與社會學——演化論與宗教——演化論與哲學

十七與十八世紀中，國家的勢力逐漸增長，代替了中世紀教會統治的威權。不但科學，即一般的思想，皆具有極顯著的國家色彩，其結果便形成各國間智識活動的分離，歐洲各國的國語遂代替拉丁文而為傳達科學的文字工具。知識分子的旅行，使重要的發現得以傳播，如福爾特耶於一七二六年到英國，阿當斯密士 (Adam Smith) 於一七六五年到法國，渥茲渥斯 (Wordsworth) 與柯列利基 (Coleridge) 於一七九八年到德國，使牛頓的天文學，重農學派 (physiocrats) 的經濟學，康德與謝林的哲學，馳名於其本國外的國家。(註一)

十九世紀的初葉，世界科學的中心在巴黎。一七九三年法國革命政府使拉瓦希柏烈 (Bailly) 與古散 (Cousin) 上了斷頭台，迫襲多塞 (Condorcet) 自殺，且封閉了科學院。但不久事實昭示，需要該院人員的幫助。在『保衛國家一切皆是需要的』口號下，且因科學已為一般社會的必需品，故一七九五年科學院復開，而成爲國家學院的一部。拉勃拉士，拉格朗日，與蒙日 (Monge) 的數學，拉瓦希所倡的新化學，與阿雨 (Abbé Hairy) 創立的幾何品體學，聯合形成了物理科學中的光明星座。

波斯卡爾與費馬 (Fermat) 於十七世紀所發明的或然算的理論，經拉勃拉士發展爲算學一部門，不但用以估計物理測量的差誤，即人事問題，如保險與政治及管理的統計，一切涉及於大數目的問題，皆可由是得以理解。寇維葉在比較解剖學上作了精密的研究，且以其科學院終身祕書的地位，使

科學思想
的一般趨勢

科學思想
的一般趨勢

科學精神在各部門上皆維持一高度的標準。

在十八世紀中，只有法國，科學纔滲透了文學，『沒有他國具有一個豐特列爾 (Fontenelle)，個福爾特耶與一個布豐。』且到十九世紀初葉，這個科學與文學間的聯繫，也維持在一個崇高的地位，大部由於以科學院為國家學院一部門的原故。

法國的科學孕育於其科學院，而德國的科學則在其大學之中。當精密科學的方法在巴黎應用已久的時候，德國大學雖以其古典及哲學的研究著名，尙傳授一類混雜的『自然哲學』，其所推演的結論，非由對於自然現象作忍耐的研究而來，乃是根據可疑的哲學理論。約在一八三〇年，這種作風始行消滅，半因高思的數學與里比希的化學工作。里比希學於巴黎，出格魯薩克 (Gay-Lussac) 之門，一八二六年在紀森 (Tissot) 建立了一個實驗室。此後關於研究的系統的組織，在德國異常發展，遠非他國所及；對於世界科學工作作綱領的紀敘與分析，亦以德國為最著名。不但如此，德國 Wissenschaft 一個名詞含義較廣，實包含一切成系統的知識，無論它是我們所稱的科學或語言學，歷史學與哲學，這樣可使這些各門科學互相接觸，而且使它們有一個相當的擴大觀點。

英國科學最顯著的特點，或係其個人主義的精神，及由其非學院出身的天才所表現的輝煌工作為數特多。我們可舉十九世紀前半期大科學家的名錄以為例證。牛津與康橋二大學雖然已是自由教育不可比較的學府，但尙未具有大陸的研究精神。當時頗有人指責科學情況在英國甚為低落，(註二)需要一個學生集團的刺激，如巴白舉 (Barbidge) 赫爾薛 (Herschel) 與皮可克 (Peacock) 所組織的，以介紹大陸的數學於康橋大學，而此數學乃由牛頓所發明，反在大陸有甚大的發展的。

但在本世紀中葉，牛津與康橋二大學皆有改革，對於近代學問的研究，與早期傳統的文藝活動，同時并重而有成效。所謂科學首領的數學的物理學，再度在康橋得到孕育之所，其後經馬克斯威爾，銳烈助爵 (Lord Rayleigh) 與湯姆生 (J. J. Thomson) 諸人的培植，遂造成馳名世界的卡文迪喜

實驗室 (Cavendish Laboratory) 與其實驗學派。至於生物科學，經福斯德蘭格列 (Tangley) 與白特 生諸人的倡導，康橋遂為科學研究的重要中心，如吾人今日所知道的。

這樣，本世紀上半期，歐洲各國智識活動孤立的現象，到下半年已不復存在。交通的便利增進個人間的接觸，科學期刊與學會報告互相交換，使研究者得知新的結果，而科學復國際化。

國際間的壁壘雖已除去，但知識的分科愈漸專門，各部門間的分離又復增加。在本世紀初期，德國諸大學尚能講授一種百科全書式的課程，以為知識的統一與完整，可於同一功課裏尋求之。(註三) 在康德菲希德 (Fichte) 與徐乃馬赫爾 (Schleier Machar) 諸人影響之下，哲學仍包舉各部門的知識，而更浸入科學思想。

在一時期中，科學與哲學怎樣失去了聯繫，將於後章敘述，此步驟的促成，無疑的係因各科的分裂。知識的進展非常之速，致無人能追跡其全部的進程。所謂實驗室，在昔僅是自然哲學家的私人房舍，而此時在各大學修建，以為公共使用，使治學的實驗方法，不但研究者用以促進學術，即初學者亦得由此以入學問之門。如是每一學科透澈研究的機會增多，即是一般概觀的時間減少，因此科學家便傾向於只見樹木而忘卻森林。近年來各科學間的相互關係日漸明瞭，而數學與物理正表現達到一種新哲學的途徑。但就其一般的情形言，此種分裂的現象直延長至十九世紀之末，但有少數含蓋一切的結論，則屬例外，如能量不滅的原則，在物理學為有效的，亦可用於化學與生物學。

欲追求本世紀科學的進步對於其他學術，特別對於哲學思想，所生的影響，我們不應忘記此時期。中因數學與物理的進展所生的影響，遠較以前三個世紀薄弱。數理研究的記載較昔頗多，科學的展望在一八〇〇與一九〇〇年間的變更亦大，然就哲學的觀點而言，本世紀物理學上卻無如何具革命性的發現，如哥白尼與牛頓的工作，曾深遠的改變人們對於其世界與其本身在宇宙中位置的觀念。在十九世紀具有同樣革命性的結果乃出自生物學，此時一面有生理學與心理學研究心與物的關係，一面有達

爾文建立其演化論於自然選擇（或譯天擇）的基礎上面。

我們曾經看過，在文藝復興與牛頓時代，學者曾發現新歸納方法與適宜於研究自然的實驗方法，科學與哲學間的聯繫因是漸呈鬆懈。哲學家雖仍努力維持其統治知識全體的宗主權，而事實上哲學的大部份領域早已喪失無餘。直至康德的時代，哲學家仍欲建其體系以包容物理科學的結果。

但是我們來到一個時期，主要的由於後期黑格爾派而非黑氏本人的影響，使哲學與科學的分離愈益顯明。

此故事赫姆霍爾茲曾有甚佳的敘述，（註四）赫氏於一八六二年寫此故事時，頗接近此時期而了解其效應。他說：

近年來對於自然哲學常有一種指責，謂其逐漸遠離其他科學（其中包括語文歷史的研究）而自闢蹊徑。其實此種反對論調久已顯著，據我看來，起因於黑格爾哲學的影響，至少因此哲學而使其更顯然。前世紀之末，康德哲學盛行時，這樣分裂的論調從未有所聞。康德哲學的基礎，與物理科學的立足點正復相同，此可於其科學的工作見之。他的宇宙論建立在牛頓的引力定律之上，其後以拉勃拉士的星雲假說著名，而為世所公認。康德的『批判哲學』的惟一目的，在考核知識的來源與權威，以確定哲學研究對於其他科學的範圍與標準。據其教訓，凡由純粹思想，『先天』發見的原則，僅可應用於純粹思想，而不及其他；換言之，即非真實的，積極的知識。黑格爾的『符合哲學』（Philosophy of Identity 其所以如是稱謂者，因其主張不徒主觀與客觀間為符合，即相反的論調，如存在與不存在，亦係符合——原譯者註）含義更為廣泛。此哲學所根據的假說，以為不但精神現象，即實際世界中，自然萬物與人——亦是思想的活動在創造的心靈中所生的結果，此創造的心靈可假定與人的心理為同類。如是，則下述的推斷當為合理；即吾人的心理，即不假外界經驗的引導，亦可揣度造物者的思想，而就其肉心的

活動，亦可以發現此等思想。是即『符合哲學』欲藉『先天的』方法，以創造其他科學的結果的看法。對於神學，法律，政治，語言，藝術，歷史，一切科學其題材具道德的性質，而可稱爲道德科學的 (Moral Sciences)，這種程序可有或多或少的成就。即使承認黑格爾以『先天法』作成道德科學的重要結果，有相當的成就，然仍未證明其所根據的『符合假說』爲正確。自然界的事實乃判斷的標準。我們敢說黑格爾的哲學在此點上完全崩潰。他的自然的系統，至少在自然哲學家眼裏，乃絕對的狂妄。其同時有名的科學家中，無有一位贊成其主張者。因此，黑氏本人感覺其哲學獲得物質科學領域之認可實爲重要，於是異常猛烈的攻擊自然哲學家，而特別施於其首領牛頓。哲學家責科學家爲窄狹，科學家以哲學家爲瘋狂。於是科學家開始努力在其工作裏掃除哲學的影響，且其中的特別精緻者，甚至責斥哲學，不但以其爲無用，且以其爲惡作劇的幻夢。因是不能不承認，不但黑格爾哲學要求（不合理的）其他科學附屬於其系統之下的企圖被人擯棄，即哲學上合理的主張，如對於認識的本源與知識的功用的批判，亦無人注意了。

科學與哲學間的分離，特別在德國，約歷半個世紀。黑格爾派輕視實驗科學家，略與希臘哲學家相似。赫姆霍爾茲雖歎息此種態度如上所述的，但亦限制哲學的功用僅屬於批判（即僅能闡明認識）而否認其能於更深邃的問題，如真實的性質與宇宙的意義一類的問題，有所貢獻。

哲學家在他的方面亦同樣的盲目，凡能攬得的利器，皆不惜用以攻擊實驗科學家。詩人荷德任動物與植物的比較解剖學上皆有貢獻，惟是此等事實僅屬表面。一到須更深邃的分析，如物理學，荷德的方法便告失敗。彼因受一陣時的靈感，以爲白光較有色光更爲單純與潔淨，遂以牛頓的顏色的理論爲謬誤。（註五）由精密實驗所推出的事實與從此導得的結論，彼可置之不顧。彼以爲官覺必能直接啓示自然的真實，而事物的內在本性，也能爲美的直覺想象所呈露。因是彼乃建樹關於顏色的一種理

論，以白光爲基本色，此理論不能抵抗最簡單的物理的分析，支持它的僅有苟氏對於牛頓的指責與黑麥爾派調解的援助而已。因此無怪科學家不屑讀哲學家的著作。但科哲的完全分離絕不能持久，而科學復興開始影響時代一般的思想。

在英國發生一種新樣式的舊爭論，一面爲惠衛爾 (Whewell)，主張數學的性質係先天的，而他一面爲赫爾薛 (Herschel) 與約翰米爾 (John Stuart Mill) 主張攸克理得的公理，例如二平行線無窮延長不能相交，亦是經驗的歸納。(註六)康德以爲此等公理的有效，亦如其他科學的概念，僅隨我們內心的性質而定，所謂公理，在現時可僅視爲所研究之幾何學屬於何種空間的定義而已。另一套的公理可以形成另一種非攸克理得空間的幾何學。事實上，洛巴捷斯基，波里葉，高思與理曼的工作，漸漸表明我們之所謂空間，僅係一般可能的多次元(可有四或四以上的度量)的一種特殊情形。我們的思想可以建樹另一套公理，而研究此另一種『空間』的性質。根據經驗，我們所觀察的空間約爲三度，而且是攸克里得的，但經愛因斯坦的精密研究，證其非確係如此，不過據現時精確度而言，與許多可能空間中的一種相密合而已。由此可見惠米二氏的爭辯，亦如其他許多爭論，在具有兩方要義的一種解答下，歸於消滅。

惠衛爾以數學的公理爲必須，而自然科學的假說，乃由經驗得來的結論僅係偶然，二者實有區別。雖然惠氏追跡康德，以爲在知識的活動裏，心的成份與直接由官感而來的成份實有互助之效。米爾的態度一半由於彼時的經驗派尙有意無意的反對『內在觀念』(innate ideas)的『遊魂』——柏拉圖超感覺界的产品，此相同的原因使烏柏維格 (Ueberweg) 對康德發生爭辯。(註七)其實經驗不能引導我們直接到事物的真象，而僅係事物現象達到意識的一種過程，因此我們對於自然所構成的圖樣，一半係由我們心靈構造之先天的決定，一半係由我們所經驗的事實：十九世紀的經驗派，似未見及這種看法的力量或關係。

事實上，在十九世紀的大半時期，多數科學家，特別是生物學家，以爲已脫離玄學，接受科學所構造的自然界的模型，而不加批判的認爲是最後的真實。但有些物理學家與哲學家則比較謹慎。如斯賓塞的工作以當時的科學爲根據，亦以物理學的根本概念，如時，空，原子之類，在心理上具有不相諧調之處，故在現象背後的真實爲不可知。斯氏由是辯論，以爲科學終與宗教攜手，因宗教除去一切可疑的成分以後，不過是一種信心，以爲萬物皆係超出我們知識的一偉大能力的表現。

科學的哲學在英國亦爲以下諸人所研究：布爾（G. Boole）於一八五四年介紹符號的語言與記法於邏輯學中；吉芳斯（W. Stanley Jevons）在其科學的原則（Principles of Sciences，一八七四）中，對於發現的科學方法，給哲學以一崇高的地位；克里福特（W. K. Clifford）一八四五——一八七九年）贊同康德以幾何學的真理爲普遍而必須的主張，反對休謨的經驗主義，但據洛巴捷斯基與理曼的研究，證明理想的空間或可由先天規定而加以研究，而他們所知的實際的空間與其幾何學卻係經驗的產品。達爾文的自然選擇的理論對於此點不無關係，我們將於本章中討論及之。

但布爾，吉芳斯，克里福特三氏對於科學家的影響卻甚微渺。即物理學家對於哲學亦完全失去聯繫，以致一八八三年馬哈提出力學的哲學基礎時，一部份人并不注意其工作，另一部份人則以爲詭想而忽視之，而少數曾加以研究與贊賞的，對於其見解的獨創，又不免推崇過甚，這都可表示科學與哲學的隔閡。（註八）

馬哈著力學一書時，採取彼時鮮爲人用的歷史方法。他對於牛頓的質量定義的批評，與其對於力學上基本發見的敘述，已在本書的第五章中詳述過了。

馬哈遵守洛克，休謨，與康德的傳統，以爲科學僅造一種模型以適合於我們官感所覺的自然，力學非必定是自然的究竟真理如少數人所信的，而可視爲上述的一種模型。其他方面，如化學，生理學之類，亦同樣是基本的與重要。我們無權假設一種絕對空間或時間的知識，因空與時僅是一種感

覺，空間僅可以恆星的間架，時間僅可以天文運動爲參照。因理曼與其他數學家想像出他種的空間或類似空間的多元，我們所知的空間僅是由經驗誘得的一種概念而已。『所謂物體僅是觸覺與視覺的相對不變的總和』。而自然律乃確切而概括的規則，以過去經驗的結果爲將來知覺的導引。馬哈的意見大多數已經昔日的哲學家道過，但在十九世紀後期，無哲學頭腦的科學家眼中，以爲十分新奇耳。

從哲學的觀點立論，物質科學的新發展中，最重要的一個影響，乃是拉瓦希證明在一切化學變化裏，物質是常住不滅。由觸覺得來的物質概念，乃常識最早給與科學的一種概念，由是遂誘出玄學的觀點，以爲物質在空間裏佔位置，在時間裏爲永存。在以前數章中，曾經陳述在某時期中，物質的堅實經驗，屢屢引起唯物哲學。拉瓦希據實驗證明物質受化學作用，雖表面上有改變與消滅的現象，然由其重量測得總質量則係恆定不變。於是以物質爲最後真實的常識，獲得有力的證據，蓋歷時不滅，在常識的看法，乃是真實的記號。

但物質科學成功所生的一般印象，在哲學思想上發生重大的影響，實在十九世紀的前三分之二時期中。多爾頓的原子理論，電磁現象的歸納爲數學的定律，光的波動理論與實驗的相合，由光譜分析表現太陽與恆星的組織成分，以構造式解釋大羣有機物的組織，新化合物甚至新原質的發見，且在其發見前預言其存在，凡此諸種以及其他成就，表示人類解釋自然與對自然的控制能力大有增進，給人以深切的印象。我們有時以爲打破一個祕謎，其實不過以另一祕謎的術語來解釋此一祕謎，若加以最後的分析，真實的基本問題仍如往昔，并無進展。但此事實在本世紀的初六七十年間，卻被人遺忘，缺乏批判頭腦的人初則愈堅信質與力，後則以質與動爲最後一切的解釋。

質與力爲含蓋一切的概念所由來的思想，吾人似應在此下細加探討。牛頓本人建樹其萬有引力的假設之時，絕未承認引力爲物質固有的本性，亦未以隔距離作用爲一物理的解釋。彼曾謂其於引力

的原因不能有滿意的說明，僅疑為或起因於以太，此介質在空間內比較物質附近更密，故壓迫物體使其互相接近。牛頓僅以此為一種建議，而并未加重視，彼顯然以引力尚須解釋，其原因須留給後人研究。

但在十八世紀與十九世紀初期，許多哲學家與少數物理學家以為牛頓的體系（蓋理略力的概念的推廣）實含隔離距離作用，與起源於德卡爾的另一學派有別，此派以為物質間的相互作用，乃係一種可了解的機械方式。例如法國物理學家安培爾與哥西（Cauchy）據牛頓的反平方比律研究電力之時，在英國有法勒第——其後維廉湯姆生與馬克斯威爾——方推考介質的效應，而欲想像電力可在其間傳播的一種結構。

相同的問題，亦起於原子與分子的研究。在古代的人，的確，在蓋勝底與波耶爾心中，原子的相互作用僅藉衝撞與接觸。他們假設原子有粗糙的表面，甚至以其為有齒與鉤，以解釋物質的黏著與他種性質。但若假設原子的相互作用可為隔離距離的，則此等概念皆不必需。分子動力說僅係表面上回到原子或分子因直接衝撞而起相互作用的見解。但須假定其接近時彼此即起作用，且既假定其衝撞後復能躍回，則是分子具有彈性，而其結構必為細小部份所組成。即使原子在實際上為不可分，而在想像上可以作無限的分割，最後可假設分割到無限小，即一質點，此質點因能影響相似之點，必為一種力的中心。此種理解，導引十八世紀的一耶蘇會士（Jesuit）波斯哥維其（Boscovich）以原子本身為非物質的力的中心，而在十九世紀具有邏輯頭腦的法國物理學家，如安培爾與哥西看來，原子應是不占空間而負荷力量的微點，剛硬質點的概念，僅是無哲學頭腦的唯物學派本能上的主張而已。時至今日，不但原子非不可分，即電子亦表現有更精微的結構，而昇華為輻射的來源或不具體的波系。放眼電子之外，我們似仍須回到不占空間的力心以為物質元始單位的看法，或想象一套無限微細的結構，內外相合，愈在內部愈微細。

波安哥三氏儘管將原子視爲僅僅一個力心，但牛頓的科學建築在物質的觀點上，拉瓦希又應用同樣觀念於化學上，使許多對於此等事發生興趣之人得到一種相反的哲學，以爲硬塊的物質乃唯一的真實，而其間的力僅係相互作用的一種方式。赫姆霍爾茲與其他物理學家以爲將問題歸結到質與力的表現，乃適當的解決。就此點言，他們是追隨牛頓。這是一種數學的解答，即使不是物理的解釋，亦頗滿意。但不習物理學之人對此便生誤解，以爲數學的解釋乃最後的解釋了。

十八世紀時，唯物主義的哲學如第四章所述的，在法國復生，十九世紀時在德國再起。（註九）早期的首領如穆列舒特（Moleschott）畢若納（Bichner）與阜特（Voigt）皆建樹其哲學基礎於科學結果之上，特別在生理學與心理學之上。畢氏的書名力與質（Kraft und Stoff，一八五五年）表示力與質的概念乃最終的真實，形成運動的精華部份。在半世紀黑格爾唯心主義的迷霧以後，有如是唯物學派引起人們注意到自然科學的明晰結果，其影響究屬良好，可注意者，此種唯物哲學興起之時，科學家已把確定可量的質來代替物的概念，而力則含混的用來代表力或能，也正是當時科學家所覺察到的。且此等德國作家常將唯物主義與感覺主義甚至與懷疑主義混爲一談，似於知識問題，從未得明確的了解。

質量不滅的原則經人公認以後，引起一種粗淺的唯物主義，已如上節所述。與之相當的能量常住的原則也隨着成立。哲學的唯物主義雖不能勉強利用它來張目，但與之相連的機械論與宿命論，卻可用之以爲主張的證據。

第一，此原則助人懷疑流行的生物學上的生機論，此論以爲在生物裏有一種生命力，控制甚或違反理化的定律，使其機構適應環境，而造成其終局的命運。但現在我們知道動物亦如機器，其運動與工作，須由外面供給以能量，其燃料爲食物與空氣中的氧。設如有一種生命的原則來加控制，則其方式當較以前的假定更爲緻密。對熱力學的第二定律（或稱統計的定律）雖可假借想像以規避之，如馬

克斯威爾假設的鬼魔，但其第一定律（即能量常住的原則）已經證實其對於有生命的與無生命的體系皆爲有效。

其次，若以宇宙間的能量有一定限量，則便發生太陽活動有停止之時，及地球過去的年齡與將來的壽命等問題。太陽爲一緩慢冷卻的熱體的舊觀念已知其不正確；即使其爲一團純炭，其焚竭熱盡，爲時亦太短暫。但此新的物理原則亦表示當原始的星雲逐漸凝結以形成太陽時，偉大的能量儲藏即變爲熱。且太陽的不斷收縮，若仍在進行中，熱亦當繼續出現，或與太陽的生存史以足夠的時間。一八五四年赫姆霍茲計算太陽收縮其半徑的萬分之一所生的熱量，足以供其二千年以上的輻射而有餘。

維廉湯姆生（即開爾文爵士）根據相同的算法，以估計地球的年齡，而充補他種根據的計算，如（一）地殼對於熱的傳導，及（二）潮汐的摩擦效應使地球轉緩，日夜延長。一八六二年，彼計算得地球在尚不及二億（ 2×10^8 ）年以前，當仍是一團溶液，一八九九年，彼更縮短此年限爲二千至四千萬年之間。但地質學家與生物學家皆須更悠長的時間，方足以說明地球與地球上居住者的生存。由是發生一種爭論，但物理計算的根據旋即發生動搖，初因放射物質的發見而得一種新的熱源，繼則有目前新的原子與宇宙的物理論。在太陽與恆星裏的高溫下，物質的蛻變，即質量直接化爲能量，現皆認爲可能，而由是所能供給的能量的來源，遠超乎舊有理論所想象之上。宇宙與有機演化的史學家，無論需要如何悠久的時間，現在都可以不成問題。

十九世紀所爭執的計算的數字，在今日已不重要。無論太陽與地球在過去的生命如何悠久，但能量常住的原則表明其有始終，而將此種研究納於科學範圍之內。

維廉湯姆生亦以他種方式，藉熱力學的第二原則，研究此問題。由熱量而來的機械工作，僅當熱量由一熱體達於冷體之時，始能得到。此程序的傾向在減少溫度的差異，而熱的傳導，摩擦與其他不

可逆的程序亦有同樣的傾向。在不可逆的體系裏，可用的能量常傾向於減少，而其相反的能量（克洛息斯稱之爲熵 Entropy）則常傾向達一極大量。故在孤立的體系如我們所居的宇宙內，能量漸變爲熱，趨於平均分配，不能用來做有用之工的來源。最後宇宙將變爲靜寂無動而滅亡。

湯姆生的工作，亦如牛頓的工作，爲人誤解，將物質科學與機械哲學，和我們想像的自然的模形與本來的真實，混爲一談。『宇宙的寂滅』被人解釋爲無神論與哲學的定命論的另一證據。但據相反的有神論說，設如上帝創造世界，似無理由說明當其感覺厭惡此世界時，爲什麼不將其毀滅；且人的靈魂據假設乃是不朽的，對於居住不久即歸消滅的一個物質世界的變革，似可無所容心。再者，應用熱力學的原則以解釋宇宙，無論如何，在十九世紀所有的徵驗看來，其有效的程度殊屬可疑。從這樣有限的例證引伸得來的結果，即使在有限的離立或等溫體系中預測而有效，將其引伸至大宇宙，頗不合理。我們現在知道此問題的複雜，比較其初形成時我們所了解的爲多。不但如此，即使太陽與地球的始末已爲科學所闡明，但此結果對於玄學上原始問題及宇宙全體的意義與目的的關係，仍屬甚微。太陽與地球，甚至全銀河系的生命，或可以由原始的星雲以追溯到最終的寂滅境界，其實我們僅探究了宇宙演化歷程的數頁，對於此偉大存在的祕密未能有所解釋，仍如往昔一樣。

人們的心理可以推理的與經驗的二方法研究之。先假定宇宙的某種玄學體系，例如羅馬教會或德國唯物哲學的體系，我們可以理論推出人的心理在此體系內的地位及其關係。反之，不先假定有此體系，我們可據經驗的觀測與實驗，而研究心理的現象。此種經驗的方法，又可分爲二類，即我們自己心理的內省，及對人我的心理加以客觀的觀測與實驗。由此最後一種方式，心理學遂變爲自然科學的一分枝。

十九世紀初葉，理性的心理學是德國學術的一特徵，在大學裏，同宇宙論與神學混合爲玄學的廣泛研究。經驗的心理學已早在英格蘭與蘇格蘭出現，內省的方法盛行於本世紀三分之二時間，有詹姆斯

士米爾 (James Mill) 與柏恩 (Alexander Bain) 特別著名。法國研究心理始於其在外界的表現，如生理的與病理的問題，且研究其發現於外之符號，如語言，文法與邏輯。(註一〇)

當科學方法推廣至其所從出的題材以外的研究時，理性的心理學在各國快速的為經驗的心理學所代替。赫巴特 (Herbart) 在德國用了這個形式來對抗流行的系統的唯心哲學，雖其心理學的根據，玄學與經驗二者兼而有之。反之，特別在洛哲 (Lange) 的著作裏，對於唯物哲學的假設，有更深遠的討論，這不是在阜特，穆列舒特與畢許納諸人的著作中所能覓得的。德國人對於此種經驗的『無靈魂的心理學』(心理學在德文為 *Seelenlehre* 原義本為靈魂學) 即無一個先定的玄學統系，自不免有所驚異，因自來布尼慈以來，德國學人的心理，常欲於研究宇宙任何部份之先，對於宇宙先加以一個廣泛理論的解釋。但經驗派的心理學，自然歸還到英國人及蘇格蘭人『常識』的見解。他們常常能遵循一個孤立的思路，只要證明有益於實際，雖與他科無明白的邏輯關聯，亦在所不顧。大部份的英國心理學家，把神學留與神學家，玄學付與玄學家，即使他們所用的方法，雖稱為經驗的，仍係內省的。當他們所用的方法變為實驗的時，這個態度宜更鮮明。法國心理學的研究，常在生理學家與醫生的手中，自然引導到科學實驗的方法，而無感受玄學影響的危險。心理學亦如自然科學，當其變為國際的時候，法國的貢獻具有最大的影響。

物理科學，包括生理學與實驗心理學在內，其態度是分析的，將問題作面面的觀察，如機械的，化學的或生理的，且在每一面常將研究的題材析為簡單的概念，如細胞、原子、電子與其相互間的關係。但生物學表示每一個生物是一個有機的完整體，且更顯著的，各個人深遠的感覺其生存的統一性。科學所處理的各種關係，任何有能力的觀測者都可加以校驗，但各個人的心理，僅其本人方能達到。故統一性的感覺，不能適當的施以科學方法的研究。在生理學與實驗心理學中，必須假定動物受制於理化的定律，並依之以作解釋，至於人則假設其為一機器，因為若根據其他假定，便不能有任何

進展。當大陸的假設理學家以此假設所表示者為真實而以人不過是一機器時，英國人則據其通常的常識見解，以為此一主張雖與一套事實相合，而卻與另一套事實相背；他們很可在生理實驗室中把人視為機器，在日常事務上視為具有自由意志與責任的個人，而在教堂禮拜，則視為具有不朽的靈魂。既是每一種看法各為其特殊目的之一種工作假設，為甚麼不能在適當的時與地，將此等假設全數一併採用？此等假設或許有一日在將來知識的光照下，獲得諧和的解釋，而現時則各有助於工作的進行。此種英國人特殊的心理態度，不但表現於牛頓的時代與近代心理學創始之際，且亦表現於十九世紀與其後的許多科學與哲學的問題。此種態度在大陸的人看來，或以為不合邏輯，但仍不失為真正科學的態度。它把某些理論當作工作的假設，只要其能產生有用的結果；既如此，若果能產生結果，何妨同時採用在彼時知識情況下貌似矛盾的二種理論。若其中之一一旦證明其與事實（或與信念）不符，則可立時放棄不用。物理學一向被視為最合理的科學，但在此時（一九二九）仍採用貌似矛盾的二種理論，這或可為英國人的心理習慣，加以辯護。

首先使用近代科學知識，以內省法對心理過程作經驗的研究的，當推亞立山大柏恩（Alexander Bain 一八一八——一九〇三年）。他遵循洛克的理論，以為心理現象可追溯到感覺，而採取英國作家自休謨以至詹姆士米爾所主張的『聯合心理學』（Association Psychology），以為較高等而複雜的觀念乃簡單原素所組合而成。柏恩從生理學覓取證據以維護其學說，而於法國人對於變態心理的研究在常態心理學的理論上所生的影響，卻未能十分領會。在演化論使人明白遺傳與環境兩種不同的勢力的影響以前，他已完成其主要的工作。

即心理學求助於自然科學以圖發展時，在應用方式上，有一時期各國的心理學亦具有其國相異的特性。法英二國特別注重科學的方法——觀察，假設結果的演繹，且與後來的觀察及實驗加以比較。在德國黑格爾的唯心哲學雖已失了人們的信仰，而不被採用以為根據，心理學仍欲建立一玄學的體

系。此時自然科學正當進展，繆勒與里比希把生理與化學應用於醫學與工業而大著成效，心理學家不但僅採用科學的方法，並取用科學的概念。他們企圖『把自然科學中認為根本與習用的概念，如質與力，抬高到心理科學的基本原則，甚或成爲新的信條。』結果，『對於心理現象發生一種抽象的看法，匆遽的結論，最後純爲言詞上的區別而已。』（註一）

但約在此時（十九世紀的中葉），由各方面帶來的物理方法的使用，使心理學發生一種革命。最奇特者，心理的物理學可以追溯到柏克列主教，他在其所著視覺的新理論（*New Theory of Vision*）中，指出空間與物質的知覺，其來源爲觸覺。其後蓋爾凡尼發見蛙腿爲二種金類所接觸時發生極變現象，開始此理論的又一發展。此發現不但創肇了動電的偉大科學，且使人對於生理學與心理學發生許多感想。一般狂熱者誤用蓋爾凡尼的發見與麥斯美（*Mesmer*）對於催眠現象的研究，妄呼爲『動物的磁性』（*animal magnetism*），實玷污了電對生理作用的研究。直至一代以後，赫姆霍爾茲與銳蒙（*der Bois Reymond*）重新使用科學方法，始澄清了這種非科學的氣氛。

我們曾看見高爾對於感覺在腦中部位的工作同樣的爲愚昧無知的人誤用爲『骨相學』的科學根據，但在精密的研究者手裏，卻增進了許多關於腦經作用的知識。由物理方面以研究五官的感覺者，有以下諸人：湯姆生楊格（*Thomas Young*）修改牛頓顏色感覺的理論，而主張有三種基本顏色的感覺；赫姆霍爾茲首倡生理的聲學，說明音樂與語言的生理基礎；赫氏更研究生理的光學，不但增加視覺的知識，而且分析對於空間的知覺，並使用其前人懷特斯東（*Charles Wheatstone*）所發明的透視鏡。

但近代實驗心理學的創始者，當推衛伯爾（*E. H. Weber*），他的貢獻在對於感覺界限的觀察。例如以二針同時觸刺各部份的皮膚，而測量其使我們能感覺其爲二處壓力的距離。他更研究刺激應增加若干，方使感覺有所增進。在此研究上發見有一確定的數學關係，即刺激應按每階段起始時的強度而增進，換言之，即當按幾何級數增加。

此新的展望，早爲有哲學頭腦的人所承認，例如本列克 (Banke) 在一八三三年著一書名自然科學的心理學 (Psychologie als Naturwissenschaft)，洛慈在一八五二年承認數學的方法可施於心理學的數部份，費許納 (Fechner) 在一八六〇年首使用『心理的物理學』一名詞。近代心理學派顯然創自馮德 (Wundt)，他曾作許多心理測量，如時間的感覺，且搜集他人研究的線索，以成一個連貫的體系。馮氏雖極贊賞研究特殊問題應盡量使用分析的方法，然絕未忽略內心生活的基本統一性。在此問題上，達爾文的工作又表現一個新的紀元。達氏對於人與動物的情緒表現的研究，實開近代比較心理學的先河，此種研究對於心理學本身有不少的貢獻。

十九世紀後期對於身與心關係的主要問題最特徵的貢獻，乃心身平行的理論，其來源可上溯至德卡爾，斯賓諾薩，來布尼茲，衛伯爾，洛慈，費許納，與馮德。生理的與心理的現象顯然是平行的，縱非相連亦屬同時。此理論以爲意識乃與神經系內的變化相伴而生的副現象，此變化雖複雜，卻可研究。就心理的物理學言，即此已足，我們更不須追問此副現象是否有其獨立的存在。但意識的生活具有繼續發展的能力，如表現於語言，文學，科學，藝術與一切社會活動上的——一個心能價值的生長。因此心理學不但與語言，音韻等學發生關聯，而且給與新的力量，因藉此可由外面的世界以深入思想的內心境界。

研究自覺生活的統一性的中心問題，現時尚不能使用確實的科學方法，因其仍是玄學的問題。統一性的感覺是否真實的表現？內部心靈（或稱靈魂）是否有其獨立的存在？反之，此或僅是一種導來的精神狀態，乃感覺，知覺與記憶等所綜合而成，如『聯合心理學』後期發展所假設的？心靈是否控制身體？抑僅是腦經的現象？或具有更高的統一性？加巴尼斯 (Cabanis) 以爲與思想相連繫的腦經的功用，須當作其他身體器官的功用而研究之，阜特更以粗俗的語調，謂腦經分泌思想，正如肝的分泌膽汁一樣。此種唯物主義的看法，不但淺薄，且亦不能令人滿意，但卻可以使人注意於心理

學給與哲學的最大問題。

設如物質與能量不滅原則的發現，與原子論相結合，被人利用為唯物主義的主要根據，十九世紀前半期生理學與心理學的同時發展，更為機械哲學張其勢力，而與唯物主義混為一談，這雖不合邏輯，卻是不能避免的。著生理學 (Hindhuch der Physiologie, 一八三三) 的穆勒及衛伯爾係德國使用科學方法於此問題的先進學者。此後有法國的影響，特別在腦與神經系的生理，及變態心理與精神病治療上有他們的貢獻。更次則有桂特列應用統計學於人的活動。德國的卓特，穆列舒特，畢許納及其他唯物主義者，則利用科學的發展於新領域，以支持其玄學的理论。一百年前在法國流行的論調，此時得新物理生理心理諸學的助力，更重得生命而大事發展。在有些大陸國度中，教會的守舊派曾有效的抑制此等主張，直至為政治自由的奮鬥加入知識自由的奮鬥，而爆發為一八四八年的革命。

自此以後，在英國早已發展的工業改革，開始擴張於大陸。科學，特別是化學，與日常生活發生密切的關係。在重實際的英國，此改革對於宗教信仰甚少影響，但在尚邏輯的法國與崇玄學的德國，則於機械與唯物哲學的高潮上，實有推波助瀾之勢。與唯心論的系統相比較，唯物論誠太淺薄。畢許納在其力與質書中曾說：『凡不能使受教育之人了解的論著，實徒災梨棗，不值印刷，』而在德國，『唯物主義的爭辯』所及民衆的階層，絕非他國所能達到。如朗奇 (Langue) 有言：『德國乃世界上惟一的國家，即藥濟師要處方，也不能不感覺其活動與宇宙組織是有關係的。』(註二)

我們讀十九世紀中葉德國自稱為唯物論者的著作，不能不感覺其理論的不澈底，尚不如德卡爾的二元主義的一方面之合於邏輯。穆列舒特，卓特與畢許納常將唯物論與自然主義，感覺主義甚至懷疑主義相混淆。其實此一名詞，幾可認為代表凡與流行的德國唯心論及教會神學論相反對的任何見解。這是一種叛逆的哲學，凡在手邊的武器它皆使用。哲學的唯物論，以為最後的唯一真實只是一團死物質，這不能解釋意識，也經不起批判的分析。但此種唯物論，在日耳曼人的氛霧裏，既與許多哲學體

系相混，殊難與之辯駁，因此其討論儘管延長，殊無結果。

在此種思想領域中劃出一條鴻溝的，特別是在德國，乃為達爾文的工作。物種原始風行之後，德國哲學家由海克爾 (Ernst Haeckel) 的倡導，將達爾文的教訓發展為一種哲學的信條。以達爾文主義為根據，彼等建樹與唯物論相聯的一元論，從此以後，各國此類論爭的焦點便匯聚在演化概念之上。

達氏根據自然選擇的演化論，經公認以後，不但與其直接相關的科學發生深刻的變化，且大有影響於其他思想的領域。茲試分段論述於後。

即在十九世紀的上半期，科學已影響人類的他種活動與哲學。排除情感的研究方法，與有效的組合觀察，邏輯的推理與實驗，在他種研究上亦極合用。本世紀的中葉，此種趨勢已為人所覺到。赫姆霍爾茲曾言：

我卻以為我們的時代從物質科學學得到不少的教訓。對於事實作絕對無條件的尊重，以忠誠的態度來搜集，對貌似之點抱相當懷疑，努力探考因果的關係并相信其存在，凡此種種皆表示本世紀與以前諸世紀的區別，顯示物質科學的影響。

我們若一研究政治史，即在今日，亦感覺赫姆霍爾茲過於樂觀。但若與以前時代相比較，其言確非無據。在十九世紀我們始知經濟一類的題材，無論如何有一部份適合於數學的研究，這種不加入情意的色彩以作專門的研究，其結果有時或不免於錯誤，但至少乃是尋求真理的一種誠實企圖。

數學之一分支，所謂統計學的，其方法可確定的用於保險與社會問題。如本書第六章所述，此種算學自一八三五年以後，桂特列始應用於人類學。桂氏說明具有某種性格如身長若干的人數，確定不易的圍繞一個平均值而分佈，故可應用或然算的理論。他所得的結果，與遊戲的機遇或分子速度的分配，正復相似，可用相同的圖解表示。社會統計在美國更經法爾 (William Forster) 一八〇七——一八

八三年）加以發展，他服務於登記局，對於醫藥與保險的統計頗有貢獻，且將人口統計放置於穩固根基之上。

十九世紀的末年，演化論的哲學思想深遠的改變了人對其社會的見解。終局的概念，實際已被摧毀，無論在現時的政局，或將來的烏托邦裏，并無完成的境界。政治制度亦如有生物，必須適應其環境。二者皆在變化之中，為社會幸福計，其進展須按步，而不當躐等。某種制度在一種族成功者，對於他族可以失敗。英國式的代議政府不一定適宜於他國。各種人的身與心，有其先天的差異與變化，業經證實，摧毀了『人生而平等』的見解。

同樣的變化亦發生於經濟學。昔日重形式的政治經濟學，常要追尋普遍的，長存的，超時間與空間，對於一切民族皆有效的社會定律。經濟學的歷史學派早懷疑此種絕對定律的概念，根據各方面的觀察，每一社會皆有其自己特殊的經濟律，而且它的應用又隨常變之環境而異。

政治制度與經濟情形的變化，不如生物變化的緩慢。然即在此迅速變化中，仍無捷徑以達其次一階段，或預知次一階段引導吾人至何情況。過去形態的殘留與將要發生新姿的舊體，比肩并存於目前。正如形態學發現動物體內留有在有機演化過去階段中有用器官的遺影，社會制度的研究，亦表現到處留有所經階段的痕跡。對此等痕跡加以適當的解釋，常可追索其歷史與來源。由這些歷史與來源的知識，不難得知其現時的意義與其重要關係，甚至將來的可能演變亦可測知。

設如人類演變至今，所經歷的程序與動物相同，那末，他必仍受制於同樣的變異與選擇，是無可疑的。約在一八六九年間，高爾登 (Francis Galton) 研究此等意思時，他追尋人類生理的與心理的性格的遺傳，以為選擇應加控制，使其不但維持人類文明上進的途程，而且當避免其退化。研究人類可遺傳的生性，并應用此知識以增進其福利的學問，高氏稱之為優生學 (Eugenics)。

在現文明的情況下，自然選擇最有力的因素或係疾病。凡有特別弱點的率早死而無後，換言之，

即有疾病的遺傳者常被淘汰。但環境上的變化，如第六章所言的，不論爲法律，風俗或經濟的壓力所造成，在混合的人種中，常對於某一種性質特別有利，因此影響人口平均的生物性質。高爾登的工作給與社會問題以新的曙光：生物學的知識，經證明可以應用於政治，經濟與社會諸學。但其見解與十九世紀的平等思想甚不調叶，一時不易生效，直到本世紀之末，始得一部份的承認。

至關於達爾文的工作對於政治學說的影響，意見殊不一致。適者生存的原則，被布爾惹 (Vacher de Bourget) 阿蒙 (Ammon) 與尼采 (Nietzsche) 諸人利用來作貴族觀念的主張。反之，有人以爲惡劣的性格，在現在狀況下也未嘗沒用；確定的貴族地位除去競爭，因此亦無所選擇；而「機會均等」乃達爾文式進步的必需條件。社會主義者更指陳動物因互助而組成的社會，在其生存上有偉大價值，而蜂與蟻的社會成爲主張共產社會的論據。但此種社會趨向於發展的末局，其結果即爲停滯不進。蜂的世界，在此二千年經人觀測的時期中，并未表現任何進步之象。此種社會具硬固，尙功利與自足的形態——一個模範的共同生活，個人的慾求與創作性皆被淘汰無餘。由達爾文理論導來的結果如是紛繁，至少表現一個事實，即自然選擇的原則，應用於社會學上，乃一個異常複雜的問題，幾乎任何思想的派別，可由它獲得適當的理由，以爲其學說的張本。

無論研究一家族的歷史或人類的演變，人總感覺其由較好的祖先降下，而不以爲其社會與種族在上昇的進展中，此卻是一種奇怪的心理事實。這種對於遺傳價值的信仰，同其他先入之見一樣，自有其價值，雖十九世紀不願承認，但亦不便一概抹殺。所以，雖自然及武力未給人類以高貴的祖先，如人類自命其來源尊貴，如原始人相信以爲從神降生或爲神所特造的，亦可加以諒解。就是文明人在選擇於創世記與物種原始之間時，其第一反應也和笛斯拉里 (Darwin) 一樣，說「他是屬於天使方面的。」

但人與動物有親屬的關係，證據非常確鑿，不久即爲有理性的少數人士所信從。正如哥白尼與

蓋理略將地球宇宙中心的地位譎駢，達爾文強迫人類由墮落天使的冷酷而孤獨的地位降落下來，使其認識與鳥獸具有兄弟的親屬關係。正如牛頓證明地上力學可以應用於天的高空與宇宙的深處，達爾文要用習見的變異與選擇，我們用來改良家畜的，說明物種與人類的原始與演化。達爾文自然選擇的假說或不能說明現今世界裏一個物種成爲另一物種的變化。演化的廣大概念，僅靠了更近的知識纔得到證明。有機世界正如無機世界一樣，在演化的見解下，可以說是整個的，斯誠人心之嶄新而偉大的啓示也。

達爾文的理論在社會學上的影響雖巨，然尚不如在宗教的理論上與在某時期中以神學代表宗教的教義上的深邃。分別創世的粗淺教義的被摧毀，在現在看來，雖屬結果中最膚淺的一個，但很顯明的，是首先衝突的所在。

在中世紀，常有人推想各種生命的起源。(註一三)新教改革者注重聖經文義，因此十八世紀對於創世紀第一章所載的有機創造故事，遂被視爲正統的看法。在十九世紀，幾乎整個基督教人士皆如是信仰。地質學的研究，必定使人懷疑烏席爾主教 (Archbishop Usher) 的年代學，彼以爲世界創造於公元前四〇〇四年，但富有知識的人如哥斯 (Philip Gosse)，在一八五七年曾正經主張上帝故意將化石置於岩石之內，以試驗人們的信仰。此種說法，真的，即謂世界創自上星期，所有一切化石及紀念品記載等齊全儲備，在邏輯上亦難加以駁斥，但雖如此，此假設究屬不可能。

一八五九年物種原始刊佈後所引起的爭論，開始動搖一般人對於物種分別創造的普遍信仰。演化的徵驗逐漸增多，而自然選擇乃演化的一重要因素，遂逐漸滲入各國知識界的頭腦。且自然選擇的原則，亦與基督教『宿意創世說』以嚴重的打擊。動植物因目的而採取適應的方法，經過一番博物學的解釋，雖於問題的奧義未必全明，至少趨向於解決的途徑。如是無須假設有一聰明善良的造物主，以說明身體構造的底細或蝴蝶何以具有保護的顏色。若必須一位造物主，似彼早已離去此大機構，任其

循改變的塗轍運轉，不復加以注意矣。

但因演化論的啓示，使難於成立的信條終至崩潰，對於神學有真正的貢獻，漸漸地也就明白了。不久，領袖的神學家，後來即膽怯的教士們，也感覺創造乃一繼續不斷的程序，而所謂生命乃整個的，較之以前他們所想到的尤爲奇妙。演化論雖說明各種生物如何由其最簡單的形式，進而發展到有複雜的生理與心理的特點，但於生命的起源與其重要意義，或意識，意志，道德與愛美的情緒諸種現象，則未能有所說明。至於存任的大問題（爲何有物存在，或無物存在），更不曾碰到。有許多地方，真的，在整個宇宙裏，仍有許多地方使人驚奇敬畏，仍有地方使人恭敬探討，對於不能見之物而起崇信。上帝在六日內創造天地萬物一種幼稚的故事雖無人相信了，但偉大驚人的存在真正問題，乃繼之而起。

當赫胥黎阿吉爾公爵 (Duke of Argyll) 與衆主教對於演化論與創世記作熱烈的爭論時，較其所討論者更重要更根本的變化，靜靜地在旁發生。吾人今日的宗教信仰與儀節，有許多實從原始的崇拜演變而來，少數思想家如休謨與赫爾德 (Herder) 早有此見解。但經達爾文工作的激勵，此意念遂擴大爲此較宗教學的研究。斯學最近的結果屬於二十世紀。但在十九世紀告終以前，一些驚人的事實已經發現。人類學家首先作此方面研究的泰勞 (Dr. E. B. Tylor)，於一八七一年刊布原始文化 (Primitive Culture) 一書。達爾文會對於此書作以下的批評：

作者由野蠻民族的庶物崇拜與精靈主義追溯到文明人的宗教信仰，誠非常奇妙。這使我此後對於宗教的看法，——（靈魂的信仰等等）另具一種眼光。

人類學在此方面的研究，繼起者頗不乏人。一八八七年弗勒惹 (J. G. Frazer) 刊佈圖騰主義 (Totemism) 一書，敘述圖騰與婚俗，徵引至爲淵博。圖騰信仰由精靈崇拜而來，惟其禮節更加繁重，中心意念會聚於一圖騰，所謂圖騰乃視爲神靈的動物，與負有其名的宗族或個人有密切而神祕的關

係。野蠻人的生活異常危險，災禍不時，而不測的劣運尤為彼輩所欲避免的。一切習俗的長成，即係以幫助避免災禍與惡運，因是違背此種習俗者，災禍立降其身。

弗勒登的金枝集 (Golden Bough) 第一版出現於一八九〇年，作者敘述意大利阿里西亞 (Aricia) 列米 (Nemi) 地方的禮節，該處自甚早以至經典時代，常有一僧侶管理儼如君王，直至被另一僧侶屠殺而代替之。相同的習俗可於各原始民族的所謂同情的魔術中尋得之，在這些魔術中，每年的戲劇包括收穫時的死亡，新春時的歡樂復活等幕，皆表現於各種儀式中，以為如是方可祈得豐富的收穫與家畜的繁榮。同情的魔術更輔以對於死者的恐懼與其他因素，遂產生超人的神或魔鬼，而對於自然的儀式如入教與通神的儀式，便有其特別的意義了。

以這樣的方法，人類學家最初用了演化的觀念研究得野蠻心理的演進及原始宗教的形式。他們的發見，對於文明人宗教的早期歷史所生的影響也至為明顯，但此知識的廣播，尚須一些時候。此發見或許不如創世爭辯的甚轟轟上，然在二十世紀其效果則將更為偉大。

由是可見有許多方面，在自然選擇基礎上的演化論，一經承認，初雖擾亂宗教上神學的或武斷的體系（此體系常被混淆為宗教本體）其後則轉於彼等不無補益。基督教徒除少數頑固派外，現已公認演化論，且已逐漸接收其近代的眼光。他們被迫重新討論其前提，因之對思想的自由與誠懇的探討，已有一種尊重的新精神。宗教家知頑固不化與故步自封的理論，常易為歷史上的發見所震撼，於是另取一種觀點，謂宗教概念亦在演化之中，而不斷的啓示，有時須賴至高無上的流露來表記，但於解釋神對人的旨意則從未間斷。不但如此，此近代精神，使人們於宗教的研究不能不採取在科學上認為必要的觀察方法。由於採用這個方法，遂不得不考慮各種宗教的經驗，并承認神祕性內視的價值，因為個人的經驗於團體崇拜的儀式與維持傳統的權威皆能有所充補。

在宗教的實際方面（倫理方面），演化論首使科學與道德的基礎問題發生密切的接觸。若以道德

律乃如聖經所載，是上帝於雷電中傳授給人，而一成不變的，便無話可說。人有充分理由，自定其行為的理想，不但自身踐履，并在自己權能以內欲使他人遵循。

設吾人不以聖經的說法為滿意，則不得不將吾人的立足點置於其他穩固基礎上。於此有二途可循：或贊成康德的主張，以道德律為天賦的一種命令式的範疇，人只能視為不可解釋且不能懷疑的事實而接收之。另外一途則須求解釋於自然科學之中。

邊沁 (Bentham) 米爾愛功利主義者企求一自然的基礎，以圖實現『最大多數人的最大幸福』，他們以為民胞物與的教訓，若自幼稚期即加以灌輸，如宗教教育那樣，且盡力給與實施的機會，則其博愛的行動將無疑的顯現其功效。西得維克 (Henry Sidgwick) 批評直覺與功利二派相反的論點，而作調和之說，以為道德的程序，應將暫時與個人的利益中心，擴大範圍至恆久與社會的福利。

但功利主義的倫理，僅於被演化哲學修改時，始與根本要義相接觸。首先於修改作系統的企圖的乃斯賓塞爾，但更極端的演化論的道德觀，則在德國的達爾文主義中出現。

自然，主要的論點，以為道德的本能乃機遇的變化，經自然選擇，始保存而發展起來。宗教與民族具有此種本能者，比較更能收團集合作之效。由是經過遺傳，道德的本能乃在人類中發展。

這僅是一種說明的方式而已。這僅是根據自然選擇的假說，說明道德的本能一旦存在，則繼續增高而顯現其能力。但生存競爭乃個人間與種族間共有的現象，而生存競爭所須的自私性，恰與道德律相反，這種矛盾，比較由深遠分析而來的社會一體論，對於多數作家的印象更為深刻。彼等以為『自然的齒爪皆深染紅血』，道德的發展可能性殊為鮮少。故赫胥黎以為宇宙的秩序與道德的秩序常在永恆衝突之中，而善良或道德，終與使競存成功的性格，是背道而馳的。

在好些時期中，關於倫理的內容，無甚爭辯。直覺，功利與演化諸派皆不反對因襲的基督教的道德觀，他們但以為武斷的信條須排除耳。在倫理的實際方面有完全的諧和，惟在玄論的方面則不少紛

爭。(註一四)

但當玄學的德國與邏輯的法國完全消化了自然選擇的概念之時，生存競爭的教訓便產生其結果。若全盤接受演化的哲學，則助長適者生存的性格，不就是真正合於道德的性格嗎？尼采特別倡言，基督教的道德乃奴隸的道德，無用而當廢棄，世界應向「超人」尋求啓示與管治，完全擺脫此等桎梏的限制。此一教訓爲政治家與軍閥所利用，加上一八六六年與一八七〇年兩次戰役的成功，遂養成德意志帝國的心理，而終惹出一九一四年之大禍。此勢力在法國，及於個人的比較及於政治的爲大；而「生存競爭」遂變爲各時代破壞因襲道德者之口號與遁詞了。

這一套特殊的觀念甚易加以駁斥。若以武力與自私爲唯一有生存價值的性格，則在演化論的假設下，對於道德的感覺或良心便不能解說，而此感覺或良心實存在於多數人的胸中。反之，若將道德的感覺發展，解釋爲人羣間自然選擇的產品，并非否定道德，惟在少數人眼中，此基礎由宗教獨裁的條件而移到社會生存的本能，不免使其變爲薄弱耳。

自然主義的倫理的理論，在英國曾經瓦爾德 (James Ward) 與蘇爾列 (W. R. Sorley) 作詳細批判的研究。(註一五) 此二作家皆斷言自然主義者欲於演化論的基礎上建樹一種哲學，是徒勞無功的，宇宙的唯心派解釋，在安全的倫理與合理的玄學上同爲必需。

演化論在玄學上的影響，本可於論宗教的本節中一并討論，因就武斷的觀點言，宗教亦是一種玄學，但因所欲討論的問題，有出乎宗教範圍以外的，故另於下節詳論之。

演化論與
哲學

欲估計演化論對於哲學的影響，我們須追憶以上各節所述的歷史。

人類的思想隨時轉變，對於宇宙的解釋，機械論與精神論起伏更迭，有如脈搏的跳動，此種轉換於知識的健全發展似爲必需。每一次科學有大進展，一新領域每被征服於自然律之下（這是科學程序共認的結果），人類心理，由其對於新方法能力的不可避免的誇張，常以爲對於宇宙完全機械的解釋

已將達到。希臘原子論者對於物質的構造，曾作一種猜度，適與近代的理論相合，但就科學的觀點言，此種哲學的論證實甚薄弱。原子論哲學家並不滿意於僅應用其理論於無機的世界，而將生命與其現象解釋為原子偶然的集合，他們對於無機世界的複雜情形既未覺察，更不知在討論生命問題以前尚有更多的新現象須待探討。但原子論者亦未可厚非，因其主張係從一種唯物哲學出發。其論證的不完善，早為柏拉圖與阿理士多德所指責，而柏阿二氏在可懷疑的基礎上，建樹兩種唯心的哲學，其後依次被基督教的神學所採用，流傳至中世紀，視為古希臘思想的特色。

至文藝復興時代，學問的發展呈一新的面貌，思想的自然擺動已極顯然。哥白尼的勝利，與牛頓解釋天體現象的成就，使人過於看重其方法的能力。拉勃拉士以為若知某時宇宙裏各物的位置與速度，則其整個的過去與將來的歷史，宜為一具有精細頭腦之人所推得。每當科學有一次進展，機械論常被入過分估計其重要性，而變為近代思想的特徵。其實當新知識完全消化後，舊問題的精華處將見仍無如何變化，詩人，先知和神祕主義者當重振旗鼓，以新的言詞，自優越的地位，宣佈其對於人類永恆的消息。

大致說來，機械哲學思潮的重復出現，可以說是達爾文成功的第一主要結果。我們說演化論的成立，增強了自然可以令人了解的感覺，且給建立生命理論於科學基礎上的以新的信念，極為合法，且非過言。新的生理學與心理學的興起，在生物學方面充補了近代物理學傾向，這個傾向，即拿永恆不變的質量及有限的絕對常住的能量，來給無機世界以完滿的說明。

應用質量與能量常住原則於生物現象，遂使人過份相信生物機構的各種活動，物理的生理的與心理的，概可解釋為分子運動，及機械的或化學的能量表現。演化論的流行，產生一種幻覺，即以了解獲得結果的方法為與問題以完全的解答，且以為關於人類起源與歷史的知識，已說明內部精神的性質與從外面所見的器官的結構。達爾文主義的此種發展，在法國最為流行。

此點在海克爾的宇宙之疑難 (Weltanschauung) (註一六)一書最爲顯明。達爾文不但表示動物與人身體的演進，至少一部份可以自然選擇來說明，他并且證明動物的本能，如其他生命的進程一樣，其發達亦受制於選擇的影響；人的心理機能，也與本能有關，其變化亦復相同。海克爾在達氏的工作上建樹一種完備而透澈的一元哲學。他主張有機與無機世界的統一。炭的化學性質乃生命動作的惟一原因，最單簡的生命原形質，必從炭與氮的無機化合物，經過自然發生的程序而來（借此結論無直接證據）。心理的活動不過係一組生命現象，由原形質的物質變化而產生的。每個活的細胞有其心理的性格，而人心的最高的功能，由單細胞原生動物的簡單『細胞心靈』演化而來的，僅係腦細胞心理作用的總和而已。此種見解可與克里福特的唯心一元論對照而比較之，克氏同意柏克列以心靈爲基本實體，但主張一種唯心一元論以爲意識由『心質』(Mind-stuff)的原子所構成。

海氏以爲其體系純建樹於達氏理論之上，而且說明在其哲學上達氏所給與的直接影響的經過。
(註一七)

我們現在大致同意於自然的一元觀念，即以全宇宙，包括人類在內，爲一個驚奇的單體，被永恆而不變的定律所支配……我會努力說明此種純粹一元論根基穩固，而承認宇宙爲一個同一演化原則的全能所支配，不能不使我們作成一個簡單而崇高的定律，即包括一切的『物質的定律』，或質量不變與能量常住的聯合定律。假使這個真正的『一元哲學家』查理達爾文未曾爲我們預備道路，以自然選擇說明人類的下降，而將其理論應用於自然人類學，我們絕不會有此崇高而普遍的概念。

也許達爾文本人并不與其有名的德國門生有相同的意見。事實上達氏本其謙遜的精神，對於其工作究在哲學上有如何的影響，常默然不置一詞。人類來源的問題，實較達氏信徒所見者遠爲繁複。人類的整個性格一類更難的問題，是否可由自然科學與以解決，尙不能言。但此問題至今尙未得解決，則

屬確定；且在解決以前，必尚有許多對於機械哲學的向背，起伏於人心中如波濤然。真的，演化論與十九世紀物理學結合而起的一種特別思潮，已成過去。即演化原則的本身，便示思想潮流永久在隨時代而發展，且過去經驗表明此種發展，非穩定而繼續，乃是間歇與擺動的。

後期德國的唯物論與機械論者，主要的建立其學說於生物學之上。其武斷的論調，曾經柏林的生理學家銳蒙 (Emil and Paul des Bois Reymond) 兄弟加以批評，彼等說明即使生命的問題可以歸併為理化的問題，而質與力僅係從現象中抽出的概念，并未與人以最終的解釋。且申言有些問題永遠超出人類知識之外。(註一八)

以上所言人的智力有其限度，正與赫胥黎及斯賓塞爾的不知論相似。然皮爾生 (Karl Pearson) 以為對於知識加以這樣的限制是危險的。在其科學之規範 (Grammar of Science, 1st ed. London, 1892) 中以爲凡不能用科學方法而得的結果，皆不能稱爲智識，但他引用蓋理略的話問道：『誰願給與人智以限制呀？』他雖承認尚有許多未知的事理，但卻否認其爲永遠不能知，超出科學研究能力之外。

自然選擇的原則，被斯賓塞爾與皮爾生應用於知識論。我們的基本概念，可由自然選擇與遺傳得來，或至少由以發展。概念與公理最適宜於表現由官感得來的經驗者，將因世代的傳遞而確立，否則旋被淘汰。故數學的基本概念，對於個人或係先天所固有，對於種族乃是經驗的與件。這是一個具有誘惑性的理論，但對於攸克里得或理曼幾何公理天生的了解，何以能有『競存的價值』或『匹偶選擇』的利益，尙難明瞭。或者更有他種可貴的性質與之聯繫亦未可知。

就某種意義言，自然選擇理論的成立，乃弗蘭西斯培根所倡導的哲學的完成，蓋培根以爲達到知識之唯一的道路乃經驗的實驗方法。達爾文證明自然在動植物世界所用的方法，是經驗的與實驗的，正如德謨克里達及魯克利肖斯所猜度的一樣。自然會使用各種可能的變異，在其無數試驗中，偶然於

生物與其環境之間，成立其新而較大的諸和，由是而演化不息。

若盡量接收自然選擇的見解，則目的論便無存在的餘地。宇宙裏并無終極的境界，個體與其環境之間僅有偶然的碰合與變化；若二者相合，則暫時顯出終極的現象。

斯賓塞爾對於自然選擇的註解爲『適者生存』，此語獨立時實假定一問題：何謂最適了？若以合於生存之環境爲最適，則此適者可較其以前之物種較優或較劣。由自然選擇而來的演化，可以爲進化，亦可以爲退化。誠如巴福爾爵士 (Balfour) 所說，就極端天擇哲學的立場言，適的證據爲存——適者存而存者適。我們亦可打破循環式的說法，而謂就其全體言，演化創造更高的典型，人類比較其猿的祖先爲更高等。但這樣，我們把宣判何者爲高何者爲低的權威歸於我們自己，而澈底的天擇學者更可回答說，卽此判斷亦係出於自然選擇，蓋由此構成的對於高者的判斷，實際上僅指具有生存價值的而言，事實上亦卽指使我們得以生存而言。從純粹自然主義的觀點言，似不能擺脫這個圈套。我們若欲尋求出路，對於高低善惡的判斷，應採取其他的標準。

在事實上各民族對於創造的見解，純是一個民族性或其宗教的產品。在東方佛教徒看來，生存便是禍患，意識是更大的禍患，據他的邏輯看法，生命的最高形式是原形質的單細胞，居於沉靜的海洋深處，其後的一切演化皆由此沉靜的理想境界墮落而來，或者此境界又係在前的無機境界的一種墮落。

達爾文本人並不以自然選擇爲演化論的完全解釋。亦並未談及變異或突變的原因。此等變化或由於機體內單元的機遇湊合，其個體的分配，係按照或然律圍繞一平均數值，如觀察所常見的，抑或更有其他隱秘的原因。自然選擇不能使變異發生，僅淘汰無用之點而已。它更未能於較深的生命問題有所啓示：如生命爲何存在，生命爲何到處盡量繁殖，以超出其能給養的限度等問題，皆未能置答。

自分析生理學及其生物的物理與化學的觀點而論，人本可界說為一種機器，為理化的原則所支配；生機論無論其派別的新舊，皆不能認為合理。但就自然史的全體而觀，任何機構莫不表現綜合的統一為生命的特徵，人類繼續其他動物的特性，而有更高的統一表現於其心理與意識——一個生命的新方向。演化的理論使此綜合程度前進一境，而表現整個有機創造的基本的一致。生命乃宇宙程序的一種表現。自原形質單細胞的生命，進而為無限複雜的結構，驚人的奧奇妙的作成所謂人這個動物，與其各部的進程，皆有演化的聯繫。於是形成一個問題；此問題不能全由哲學的分析方法研究，雖然其每一部份，可努力簡約解釋；此問題亦須哲學的綜合研究，對於生命作聯續與完整的觀察；我們若能解答此問題，則其附屬諸問題，亦可迎刃而解，而將給與倫理，美學與玄學，以及真善美的內在意義以穩固的基礎。答解此問題的一個頭緒，便是為達爾文的自然選擇原則所說明的演化理論。

(註一)見 J. T. Meiz. History of European Thought in the Nineteenth Century, Vol. I, p. 16。

(註二)英國社會學家 Raliburgh 的 Review, Vol. XXVII, 1916, p. 93, C. Babbage, Decline of State of Science in England, 1980。

(註三)參閱 Meiz 著 Vol. I, p. 37。

(註四)參閱 H. Helmholz, Popular Lectures on Scientific Subjects, Eng. Trans. E. Atkinson, London, 1873, p. 5。

(註五)見 Meiz 著 p. 33。

(註六)參閱 W. Whewell, Philosophy of the Inductive Science, London, 1840; History of the Inductive Science, London, 1837; J. S. Mill, Logic, London, 1843。

(註七)參閱 F. A. Lange, Geschichte des Materialismus, Eng. Trans. E. C. Thomas, Vol. II, 3rd ed. p. 173。

(註八)參閱 D. Ernst Mach, Die Mechanik in ihrer Entwicklung Historisch-kritisch Dargestellt, 1st ed. 1883, 4th ed. 1901, Eng. Trans. T. J. McCormack, Chicago, 1933, 2nd ed. London, 1932。

(註九)參閱 Meiz 著 Vol. II, Chap. II, III。

(註一〇)參看耳申 J. T. Merz 著 Vol. III, p. 203。

(註一一)參看上引 Merz 著 Vol. III, p. 211。

(註一二)參看耳申 Lance 著 Vol. II, p. 263。

(註一三)參看 Darwin and Modern Science, Cambridge, 1909; Rev. P. N. Weggitt, Religious Thought, p. 487。

(註一四)參看 A. J. Balfour, in Mind, Vol. III, 1878, p. 67; T. H. Huxley, in Nineteenth Century, Vol. I, 1877, p. 589。

(註一五) James Ward, Naturalism and Agnosticism, 1899; W. R. Sorley, Ethics of Naturalism, 1885, 1904。

(註一六) 耳 Ernst Haeckel, Die Weltärsel, 1899, Eng. Trans. London, 1900。

(註一七) 耳 E. Haeckel, Chapter on "Darwin as Anthropologist," in Darwin and Modern Science, Cambridge, 1909, p. 151。

(註一八) 耳 E. du Bois Reymond, Ueber die Grenzen des Naturerkennens, Leipzig, 1876; P. du Bois Reymond, Ueber die Grundlagen der Erkenntniss in der exacten Wissenschaften, Tübingen, 1890。

第八章 生物學與人類學近今的發展

生物學的地位——孟德爾與遺傳——遺傳的統計研究——演化的近今看法——遺傳與社會——
生理學——心理學——人是機器嗎？——體質人類學——社會人類學

自十九世紀之末以來，關於生命與其表現的知識大有進展，但促成此等進步的主要概念，則在一九〇一年前業已形成。二十世紀的數學與物理，脫離牛頓的方式，在思想上造成一種革命，現方深遂的影響哲學。二十世紀的生物學仍遵循其前世紀所走的主要路線。

十九世紀的末年，生物學家接受達爾文的工作，奉為定論，幾放棄其育種與遺傳的實驗方法。自然選擇的演化論，不但視為已定的科學原則，且幾奉為科學信條。當時以為關於此理論的底細知識，最好於胚胎學中求之，蓋根據麥克爾與海克爾的假設，造成一個信念：即個體的歷史乃種族歷史的重演。

自然也有例外。德弗里此時已作變異的實驗，一八九〇年白特生 (William Bateson) 一八六一——一九二六年) 批評海克爾所謂定律的證據的邏輯基礎，而提倡應復於達爾文的看法。(註一) 白氏於是開始作變異與遺傳的實驗，而頗有成功。當時流行的達氏學說對於物種原始所遇的困難，當以下列二點為最嚴重：

第一困難，是變異至何程度始生新種。在演化論較老的書中，常假定新種的成立由於很小的變異。但若果其變異甚小，何能使具有某性格的生物，超出其同儕？此點常稱為小的或起初的變異的困難。

第二困難略與此相似。假使有變異發生，且設其能持久固定而成新種，但何以能使其固定，仍

難索解。即變異的個體與不變異的同儕交配時，是否可以消滅變異？此第二困難常稱爲『雜交的沉沒效應』(swamping effect of inter-crossing)。(註11)

白特生繼說據動物或植物育種者的經驗，異乎常態的小的變異雖屬常見，而大的變異亦非罕見之事。德弗里與白特生約在一九〇〇年間對於此題作了不少的科學研究，證明大而連續的突變絕非稀罕，且有一些以完全的形式傳於後代。故新種，即使非新族，可捷速穩定的產出。彼時尚無證據說明變異的原因，僅知其存在乃一粗淺的事實而已。但若承認其存在，則其不連續的現象，似可減少達氏演化論的困難。且在同年(一九〇〇)新的事實(或久已遺忘的舊事)復經發見。

與達爾文後半期的工作同時(一八六五年)，有一串的研究在布柳痕(Brinn)的修道院裏作成，假使其結果爲達氏所知，則其假說的歷史當有改變。孟德爾(Mendel)乃奧國的西利亞(Silesia)人，奧古斯丁教派的僧侶，不滿意於達氏自然選擇的理論足以說明新種的形成，乃就豌豆的雜交，作了一串實驗。他的結果在其本地科學會刊物中發表，以致湮沒無聞至四十年之久。一九〇〇年經德弗里，柯倫斯(Correns)與席瑪克(Pschernalk)諸人重新發見，加以證實與擴充，更輔以白特生等的研究，遂使近代遺傳學的發展，成爲精確的實驗與工業的科學。

孟德爾發見的要義，表現在遺傳裏有不可分與不變的單位，這是紹介原子或量子的概念於生物學中。一個機體具有或無此種單位，因而決定其有或無某組織然不同的特性。例如以高莖或矮莖的豌豆，使其同類交配，則其後代亦保存其特性。但若使其異類交配，其後代雜種仍具高莖，貌似其具有高莖的父母。於是高莖稱爲『顯着』特徵，而矮莖稱爲『退縮』特徵。但若使此等雜種復行雜交，則原來與其祖先貌似之點，發生差異。此第二代中四分之三有高莖，四分之一有矮莖。矮莖者仍產純種，但高莖者僅其三分之一產高莖純種，其餘的三分之二，在其第二代中重演其第一代的現象，又復產生具有純的矮莖，純的高莖與混種高莖三類。

孟德爾與
遺傳

孟德爾與
遺傳

假如設想原祖植物的生殖細胞具有高莖或矮莖的相反特性，則上述的關係不難解釋。高的與矮的雜交以後，雖外貌與高的具有顯著特徵的父母相似，然其生殖細胞是一半具有高莖的，一半具有矮莖的潛伏性格。每一個生殖細胞具高或矮一種，但不能同時具有二種的特性。因此，第二代雜種中，雖二細胞偶然配合所生的新個體，就高與矮的二特性言，其配合細胞的為同類或異類機遇相等；若為同類，則為高或矮的機遇亦復相等。故第二代當有四分之一為高的純種，四分之一為矮的純種，其餘一半則為雜種，但因高莖乃顯著特徵，外貌似高的純種。故就外貌言，四分之三係屬高莖。

就物理學的近今趨勢言，將生物的性質簡化為原子式的單位，乃極富興趣之事。此等單位的出現與組合，又為或然算的定律所支配。單個原子或電子的運動，單個機體內孟氏單元之行爲，我們不能預測。但能計算其或然的機遇，在大數目的平均情形下，我們的預言便可獲得驗證。

以下將說明在顯著與退縮的特徵下，遺傳方法的不同。雖某一個體在其本身具有特徵時僅能將此特徵傳於子嗣，但在其世系裏，可不及料的有一退縮特徵出現。設如交配的兩個體在其生殖細胞內各具有退縮特徵，雖表面上並看不見，其後代中約有四分之一表現此特徵。但在多數情形，遺傳的條件，遠比上述的豌豆研究兩個簡單的對照條件為複雜。例如特徵之為顯著或退縮可按性別而異；特徵亦可有相連成對而表現的，即二特徵不能單獨出現，或同時並存。

在動植物中的許多孟德爾式的特性，業已加以研究；利用這個方法來做育種的指導，於某些需要的性格使其連合，有害的趨勢與以避免，特有成功。此種研究，給與動植物的育種家以一種科學的方法來代替呆板的估計。例如畢芬 (Biffen) 曾以選種法獲得一個有價值的小麥新種，既能不患銹病，又產量高，且具有某種烘製的特性，此數種優點所以畢芬於這一個新種之內，則係根據孟德爾的遺傳定律，由長期實驗而得來的結果。

一九〇〇年孟德爾的工作經人重新發見之時，由細胞組織的研究，知道在每一細胞核內，有一定

數的絲狀體，稱爲『染色體』(Chromosomes)。(註四)一個生殖細胞連合時，受精的孕卵所含的染色體數目加倍，每類皆成雙數，各從每一父母的細胞而來。孕卵分身時，每個染色體又復分而爲二，二個子細胞各有其一半。即每一細胞自每個原來的染色體接收一個染色體。此情形在每次分生時皆如是進行，故植物或動物的每一細胞，各具一雙組合成的染色體，每一半來自父母兩邊，其數相等。

生殖細胞起初亦有雙組的染色體，但在其變化爲熟精或孕卵的後期，染色體相聯成對。彼時的分殖法不同：染色體不分裂，惟每對的組成部份分開，而每一部份進入其子細胞之中。因此每一成熟的生殖細胞接受每對染色體的一部，其數僅爲平時之半。

細胞現象與孟德爾式的遺傳頗具平行類似之點，許多人已經注意到了。但蘇頓(Sutton)最初把這個關係放在一定的形式上，後來爲人接受。他指出染色體與遺傳因素同有離羣組合的習慣，而每一組合皆由一對不同的遺傳因素或染色體獨立的進行，不與他對相干。

但遺傳因素的數目，比較染色體的對數要大得多，所以幾個遺傳因素常和一個染色體相聯伴，因而結在一起。一九〇六年白特生與彭列特(Punnett)在豌豆內發見此種相連的現象，例如顏色與花粉的形態等因素常在一道遺傳。即在這一年洛克(Lock)說明了此發見對於染色體理論的關係。

自一九一〇年以來，摩爾根(T. H. Morgan)與其紐約的同事，對於果蠅(Drosophila)的此種關係有更詳盡的研究，他們尋出可遺傳性的羣數與染色體的對數，實有數學之對應，即皆爲四。平常此數字較大，豌豆爲七，小麥爲八，鼠爲二十，人爲二十四。

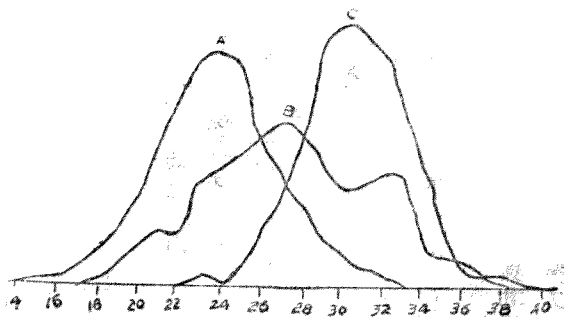
即使在二十對染色體的情形下，生殖細胞便有一百萬以上的可能的種數，任何兩套便成一可能的組合，因此其數目當尤爲巨大。由是易知爲何在混種中無二個個體完全相同。

以大數字的統計研究遺傳，與孟德爾的工作同時進行。桂特列與高爾登將或然算的理論與其誤差的統計定律應用於人體的變異，在二十世紀仍繼續進行，特別爲皮爾生與其在倫敦的同事所努力。

誤差的常態曲線，或其類似的形式，常可由大數的研究而求得，但其使用具有某種危險，可用德弗里對於月見草的研究加以說明。第八圖表示三種果實長度的變化。橫座標表此長度，縱座標則表具有某長度的個體數目。A與C二種有其特徵的平均大小，其曲線與常態分配密切相似。但B曲線表示至少分為二羣之像。設將三類種子一齊加以測量，此三曲線重合為一，而接近於常態形式。由此可知僅從與平常難判別其材料僅屬於一類，或如本問題為二或多羣所合成。

約翰生 (Johansen) 據實驗證明，設以一單顆豆種作為一自交世系的始祖，則此「純種」個體的變異（如種子的重量），確切遵循誤差的定律。但此種變異不能遺傳；若將重種選出加以培植，其後代的種子並不較平均稍重。

除去此種同祖的純系以外，通常的混種表現由祖先性格混合而來的變異，而此種變異係可遺傳的。選擇父母皆有某種特性的，如選賽跑的馬以捷速為貴，常能得到一種特性，使欲得的性質高於其平均價。高爾登指出身高的父母所生的子女，常比種族內的平均高度為高，即使不及其父母。皮爾生諸人更於此現象作詳密的研究。若一種族的男人平均身材為五呎八吋，則六呎的人較平均高四吋。就大多數的平均言，六呎高者之子，其平均身材約為五呎十吋，即較平均高二吋而較其父矮二吋。此結果以統計術語所謂相關係數者表之，即為一半或0.5。假設子與父的身材同高，則此係數為一；又設此子的身材等於其族的一般高度，則無所謂關係，而此係數為零。再設此子的身材反較其族的一般高度為矮，則此係數為負。植物與動物的他種性格皆表現與此相似的關係，且對於任一性格言，親子間



圖八第

的相關係數常在 0.7 與 0.8 之間。這些表示相關的方法，如此處對於遺傳的舉例，和其他相關的算法，現時施用於各種統計的研究，不但自然科學，即藝術與社會學亦可施用。例如要研究一項農產的各種種子或肥料的農業價值，先將各種種子分種於平行或方塊的畦畦，或就一種種子施以各種肥料，然後就其收穫量加以數學的分析。

有一時期孟德爾派與統計學的生物測算派 (Biometricians) 之間，頗有爭執。其實對於遺傳的任何完善的研究，此二派似皆為必需。(註四)

演化論說明地上生物所經的歷程，當古生物學的證據積疊愈多之時，愈益明顯而確定。例如據事實證明，在石炭紀並無被子植物，新種與新類生物乃後來的產品。

有些生物學家仍以爲自然選擇施行於小的變異之上，時間延續甚久，可以解釋演化。另一些生物學家以爲孟德爾的變異，可以發生新種，故物種常在創造之中。更有一些學者，其中有近代思想的領袖，抱懷疑的態度。例如白特生於一九二二年曾言：

就其大約的輪廓言，演化之說至為明顯。就事實言，乃必然的結論。但此理論的特殊精要部份，涉及物種原始與本性者仍屬完全奇祕。(註五)

系統論者仍承認界限清晰的物種，無論達爾文的變異或孟德爾的突變，用於發生學的實驗上的，似均未未能說明物種的根本差異。或者在早期生命的機構中，可塑性較大，現時則業已固定，僅其表面尚有變異之可能耳。我們有徵驗，相信即在眼前，物種有時進入突變的階段；此或即係德弗里所作月見草實驗所遭遇的情形。

後天獲得性質的能否遺傳問題，如第六章所敘述的，仍在爭論之中，援引以證明此種遺傳可能的事實，尙未經一般承認其為定論。由體細胞分裂而為生殖細胞，如在動物體內所尋得者，在植物體內不能發生於如是早期，故後天性質的遺傳，在植物之內較為可能。關於最近的證據，我們可提到保衛

爾 (H. O. Bower) 所搜集的，指出羊齒植物在長久連續變異的環境下，可產生可以遺傳的習性。
(註六)

尚有另一困難，即變異的發生似由於因素的失去而非由於增加。白特生說：

即在果蠅，於數百發生的因素中，甚少新的顯著特徵，即積極的增加因素經人看見，而且我們相信這些特徵無有一個屬於在自然情形之下可以長成的一類。……但我們的懷疑並不在演化的真實性，而在物種的源始，此乃一個技術的，甚至可以說家庭的問題。此祕密任何時可以解決。近二十五年的發見，使我們的初次能以合理而根據事實的態度討論這個問題。綜合將隨分折而來，無可疑亦不能疑也。(註七)

同時，古生物學家，特別是美國的古生物學家，搜集了許多成套的化石遺跡，其數之多，遠超往昔，且包括數多的地質時期，證明以各種生命形式中生物繼續演進；且有數種情形，似乎可以指陳演化所遵循的一定路線。此問題的複雜與困難，有非五十年前所曾想像者。演化的大體趨勢已明，惟其詳細情形的描述，尚有待於更多的智識。

應用遺傳與變異的智識於人類，因孟德爾的研究而大有進展。許多缺欠與疾病，如色盲與障眼，經列特席卜 (Nettelshup) 的研究，知其遺傳係按孟德爾的規則。僅有一常態性格——眼中的棕色顏料——經黑斯特 (C. C. Hurst) 的研究，知單確遵循此規則，但人身的其他許多遺傳的性格，亦如其在許多植物與動物的情形，具有孟德爾的單元。男孩與女孩的出生數目幾全相等，表示性別亦屬於此種單元性質。設想所有的雌性細胞皆具雌性，而雄性細胞中，半具雌性半具雌性，則此現象便可解釋。

我們知道在動物與植物，常有成對的單元性質相連出現，不可分離。反之，或彼此相驅，不能同時出現。對於人類，實驗既不可能，而觀察所及，亦僅限於數代而已。但研究的能力若能擴大，我們

應無疑的發見人類亦是許多單元性質的結合體，這些單元由其變親而來，彼此相關，且與無嘗驟傾注於血漿內的各種分泌的化學性質有關。這些孟德爾性質，是否即作成人的主要結構，抑或僅成某外表的型式，而有更深的非孟德爾的下層結構，仍是留待將來研究的一個問題。

一九〇九年，曾經有人企圖，使高爾登的意思與一八六九年其著作問世以來積累的智識相適合。（註八）高氏所給與遺傳的重要，曾經孟德爾派的研究者如黑斯特，列特蒂卜諸人及皮爾王與其門人的數學工作，加以注重。皮氏且將高爾登的生物測量法大加擴充。彼時所有的證據，似說明下述之結論：即近代國家內的人民，具有各種先天的混和趨勢，按其所屬的階級，為自然選擇粗略的加以劃分，故對於其將來所須做的工作，有普通的關係。雖然環境，訓練與教育，能便先天性發展，而給與以表現的機會，但却不能創造這種性格。能人或天才乃生就而非造成的，一民族所蓄的能力，實為自然所限制。

既曰適者生存，使適者的子孫並無超越的數目，則適者對於種族並無任何益處，因此遂使人不得不研究一個社團中各種階級家庭的大小。根據記載的統計研究，英國貴族的家庭，每一對可生產的婚姻，自一八三一至一八四〇年，平均生產為7.1，但自一八八一至一八九〇年此數已降為3.13。其他有聲望的人，能在名人錄（Who's Who）中占一位置的，在一八七〇年以前，每一對可生產的婚姻平均有5.2子女，但此期以後，此數僅為3.08。在教士的家庭，與此相當的數字為4.99與4.2。軍人的地位至少達隊長（Captain）者，此數字為4.98與2.07。至關於其他職業中人，詳情雖有差別，然皆有相同的趨勢，有恆產，有恆業與乎高等商人的階級，其子女的生產數減少至一半以上。根據技藝工人所組織的友誼會的統計，其後裔的減少亦略相等。事實上每對可生產的配偶，平均須有子女四人始能維持人口的數目，可見即在一九〇九年，社會中最有效力的部份，其生產率相對的與絕對的均形減少。反之，信奉天主教的家庭，鑛工，無技藝的工人，（更可驚的），及低能的人們，仍維持其

子女的生產率，而未嘗稍減。

此種差別後果的嚴重，可以下述的計算表明之。設如勤儉有為的家庭，每對可生產的配偶僅有子女三人，而千人中之死亡率為十五，則在一百年間，原有的一千人將轉變為 357 個後裔。反之，在懶惰無業的一千人中，設其生產率為三十三，而死亡率為二十，則一百年後將代以 3500 個後裔。假令在一八七〇年時，各級社會的生產率並無差異，彼時以後始漸顯著，則在一九七〇年時，勤儉者僅存其原數的六分之一，迨至二〇七〇年，則僅為三十分之一耳。在懶惰種類的大量生產中，此數將少得不足齒數了。

近二十年來，出現了兩個較有希望的事件。一是『裁制低能的立法』(Mental Deficiency Act)，對於精神不健全者的生產，已稍加以制裁(雖然還不夠)。更有「現象，為伍德(H. A. Wood)所指出，英美的上等社會人士，在社會上有優良記錄的，較『精富』更多子女，其平均數字的比率為 1.5 與 1.05。(註九)此結果也許表示節制生育的好效能。凡欲躲避生育數個孩子的責任，耗費與煩雜者，是自絕於其種族之外。一九〇九年(註一〇)英國政府宣告，生育較多的子女，乃健康賢能公民的責任，希望人人能以履行。

但就現狀言，其展望殊不能使人樂觀。當世智識的工作，為進步的泉源與維持普通生活標準的，一向為少數人所從事，而此等人的後裔則日漸減少，雖現在還不到最低的水準。獎學金及其他類似的辦法，或可由其他階級內選拔賢能，補此缺憾，但一國的才智只有此數，而且愈到下級社會則愈稀少。此等人既昇為知識階級，其生育率又復降低，最終則遺留的將惟無知識的勞苦大眾而已。如是國家的優秀分子將漸被淘汰，文明前途的危機亦日愈增加。反之，若實行民主主義的平等理想，能者為國家效力的機會將因而減少。社會主義的政府，由國家控制生產的工具，在戰前德國貴族及官吏政治下，或可實施。但在民主主義的國家則將失敗。社會主義與民主主義在政治的詞語上或較接近，然事

實上彼此實難相容。

各級社會生產率的不同，非僅現正進行的一種選擇作用，我們尚可追溯其他多種。疾病摧毀易感受者，而保留易免疫者，亦是一種選擇作用。有些法律，雖目的並不在此，亦常發生選擇的效應：如死人稅使有田產的舊家族迅速的被淘汰，而此等家族乃國家所賴以維持地方公益，資助教會與海陸軍等的。因基 (Dean Inge) 曾說明近代立法的趨勢，在毀滅中等的知識階級。因紡織工業雇用女工，故紡織工人的生產率常低。而鐵工工人皆係男子，因之其生產率仍高。至少在一九二五年不景氣以前是這樣。我們必須放棄十九世紀的觀念，以為國家乃有同等潛力的個人集團，專待教育與機會的發展，而當視為多種品性與價值絕對不同的遺傳性格的交織網，其隱顯則視自然的與人為的選擇而定。任何行動，無論其為社會的，經濟的或立法的，有利於一種性格，必有損於他種性格，因而改變一國的平均生物特性。

這些一般的觀念，給與有名的生物學家白特生在一八一二年與一九一九年所刊佈的論文以有力的證據。(註一)設如舊的生產率與新的死亡率同時並存，則數百年之後，地球上人口充塞，將無立足之地。限制生產固屬必需，但所限制的應該是一國內惡劣的而非優良的種性。不但如此，競爭不但行於個人，亦且行於社會之間。事實上既有劣等的家族，亦有劣等的種族。白氏曾言：

哲學家言人生而平等，生物學家則以此語為不真確。無論測量人的身體或智力，我們知其有極端的差別。我們且知文明進步，純出於少數傑出者的工作，其餘的人僅仿效與抄襲而已。此處所謂文明，不一定是指社會的理想，而是指人類控制自然的進步。國族之間亦如個人之間，有同樣的差別。我們得承認，即在歐洲亦可看見多數民衆，在其歷史中，對於藝術與科學從無若何的貢獻。持平等說者所引據的例外，我們有法以解釋之。設如我看見一種紅色葶菜 (Mangold 俗稱甜菜)，列入得獎的超等產品，我立刻知道顏色係出於一種紅色的變種，如

『金盞』(Golden Tankard) 或『金球』(Golden Globe) 之類，且此植物或係第一次雜交的結果。

白氏於是在劣種中選出少數名人，而表示其父母至少有一人屬外國籍。他的結論：

有平民的種族，亦如有平民的家庭，而其振救，絕非政治家所能爲力。各國間名人分配的不均，乃生物學上的一種事實。法，英，意，德與其他數小國，自文藝復興以來，產生許多學術界的間人。在特殊的藝術與科學，如繪畫，音樂，文學，天文，物理，化學，生物學或工程，他們各有其優異之點，但從大處看，此諸國並無優劣之分。……唯平民國族的卑劣，則因是更爲顯明。

將來的希望，在民族中的優秀分子對於其責任的感覺。若彼等能維持並增加其生產率，如伍德所告訴我們的這正是眼前的趨勢，則世界各國可挽回其近五十年來的劣的選擇，而漸次改進其平均的健康，美麗與才能。

二十世紀生理學最顯著的特徵，乃擴大應用物理化學的方法於生理的問題。真的，生理學幾乎可說已爲分生物物理與生物化學二枝。

膠狀體的物理與化學對於生物學異常重要，因組成生活細胞的原形質乃膠狀體，其核較他部份略爲堅實。膠狀體對於農業科學亦屬重要，因爲土壤昔日以爲係由巖石崩壞的固體質點，與腐敗的動物與植物的質料混合而成的，今日則認爲係有機與無機膠狀體的複雜機構，其中的微生物也有重要職任。我們足下的土地，乃生存的非死亡的；土壤與其中衆多生物的功能，在分解其所含的或從外得來的原料，而使其變爲生長其上的植物的食料。

結晶體與膠狀體的區別，格勒漢(Graham)於一八五〇年已經指出，二者性質上的差異，其原因之一，乃膠狀體的分子比較結晶體的分子爲大，後來也很明白。結晶體如糖或鹽的溶液，係均勻

體，但膠狀體的溶液乃雙相系，在二相間有一確定的分界面，且有足大的面積，顯示表面張力的現象。

有些膠狀體分子頗大，在顯微鏡中也可看見。此等分子的奇異而不規則的振動，一八二八年曾經布朗 (Robert Brown) 觀測過，一九〇八年白冉 (Ferrin) 證明此種布朗運動，乃由鄰近分子的衝撞而來。若果如是，則膠狀體質點應具有與此等分子相同的動能，由此等質點的分佈與運動，用三種方法求得的數字，完全與根據白冉假設所得的結果相合。

小的膠狀體質點性質的研究，到一九〇三年席敦多夫 (Stedentoff) 與慈格士第 (Zsigmondy) 二人發明了『超顯微鏡』(“Ultra-microscope”) 而愈臻便利。可見光的波長在 400 與 700 μ (百萬分之一毫米) 之間，較此更小的質點不能明白看見。但是若將強光的一線射於其上，則發生散射現象，設有觀查者用顯微鏡觀查此等質點，令鏡軸與光線成直交，若質點的大小與波長相等時，則其在布朗運動中的表現為各別的明亮光輪，若較波長小時，則得朦朧不清的現象。

關於膠狀體的理論，由其電性質的研究而更有進步。膠狀體質點在電力場裏，東奔西馳，表示其對於電離子的選擇吸收，而帶正或負的電荷。哈代爵士 (Sir W. B. Hardy) 發見富週圍的液體漸次變化，由略帶酸性而至略帶鹼性時，有數種膠狀體的電荷發生逆轉。在電荷為中性的所謂『同電點』(“isoelectric point”)，體系便不穩定，膠狀體即由溶液中沉澱而出。

由是可見質點的電荷，在其溶液裏殊屬重要。試舉一習見的例，當牛乳變酸時，其中的乳酪即凝結。法拉第早發見鹽可使膠狀體的金溶液凝結，此現象更為格勒漢加以研究。舒爾捷 (Schulze) 在一八八二年更注意到凝結力隨鹽的電離子的化學價而異。林得爾 (Linder) 與皮克冬 (Picton) 於一八九五年發見單價，雙價與三價離子的平均凝結力之比，約為 1:35:1038。哈代於一九〇〇年證明活躍的離子所具的電性與膠狀體質點所具的相反。一八九九年本書作者以或然算的理論研究此問題，假

設一極少數的單位電荷須同時帶到在一相當的空間內，以中和膠體質點所帶的異性電荷，而使其凝結。離子所帶的電荷與其化學價成正比，故須使二個三價的，或三個二價的，或六個單價的離子相合，而後始具相同的電荷。據數學的計算，表示凝結力之比，應為 $1 : X : X^2$ ，此 X 乃一未知數，視所論的系統而異。設 $X = 32$ 則得 $1 : 32 : 1024$ 與上述觀測的數值接近。此僅係一個近似的理論，因其尚將反號離子的穩定勢力及其他擾擾因子略而未論。但所用的方法似可施於其他相似的現象，即化學組合的本身亦可應用，而相似的或然算的討論，現亦用於化學的熱力學，為量子物理學的基礎。

粘土內膠狀體的集合狀況，決定重土壤的物理性質，因僅當土壤的柔軟份子凝聚時，此種土壤方變為多孔而肥沃。且因原形質乃屬膠狀體的構造，故膠狀體的電性與其他性質，對於生物學有很大的關係。例如化學價與生理學關係的重要，可以一九一二年曼因斯 (Mins) 的發見來表示：狗魚心臟對於各種三價離子的作用，比二價離子（如鎂）的作用，敏感度約強萬倍。膠狀體凝結時，常將其所含的組織毀壞，幸有電解質的作用可為庇護。法拉第已知『鹽』對於膠狀體黃金的沉澱效應，可以加入些微『膠凍』(Jell) 避免之。許多此類保護性的膠狀體，其自身形成膠乳 (emulsion) 的，自彼時（一九一二年）以後，曾經曼因斯與其他生理學家加以研究。此種膠乳質似形成一種薄膜，覆蔽可凝結膠狀的固體質點或稱懸浮膠質 (suspensoid)，因以隔絕其與活動離子的接觸。

水的純度由反復蒸餾而增加，其導電度降落至一極限值，與一公升內約有 10^{-7} 克分子的氫(H^+)及氫氧(OH^-)離子的濃度相當。(註一三)若加酸於水，氫離子濃度自然增加，測量一個介質的酸性，常用此數量，不但在物理化學中常用，特別是土壤科學與生理學用得尤多。例如在物理化學上，蔗糖的逆轉率——即由右旋糖變為左旋糖的變率——與氫離子的濃度有關。在農業上，土壤的酸性程度乃是否須加以石灰處置的量度。在生理上，人血內氫離子濃度的最大範圍，而適合於生命的存在，似在 $10^{-7.8}$ 與 $10^{-7.0}$ 之間。常態的界限為 $10^{-7.5}$ 與 $10^{-7.3}$ 。由常態反應改變至含最大可能度的酸性，僅

與五十萬份的水加入一份的氫氫酸相同。

動物體內具有繁複的機構，所以保持其生命所須的確切的調整。例如霍爾登 (Haldane) 與勃理斯 (Priestley) 證明 (一九〇五年) 呼吸神經中樞對於血內有微少二氧化碳的增加，感覺異常說敏，於是呼吸作用頓增迅捷，而排出多餘的二氧化碳。其後更證明決定此現象的因素，乃血內的氫離子濃度受溶解的碳酸的影響。此外尚有直接的化學控制。血液與纖維內的各種物質，如重碳酸鹽，磷酸鹽，鈹基酸及蛋白質等與各種酸發生反應，而成中性的鹽質。因其保護纖維以免受酸的作用，而維持中性，故此等物質稱為『防蝕品』(Outfear)。

營養問題的研究，在二十世紀首二十五年大有進步，特別是知道一種食物足以維持能量的需要，而却不能有助於發育。一九〇二年哈布斯斯爵士 (Sir Frederick Gowland Hopkins) 所作的實驗，已成經典之作。哈氏證明若飼幼鼠以化學式的純粹食物，則停止發育，但若加入新鮮牛乳少許，則發育又復開始。故新鮮牛乳具有哈氏所謂『附屬的食物因素』("accessory food factors")，而為發育與健康之所必需。後來的研究把此種物體區別為數類，通常稱為維生素 (Vitamins)。維生素 A 與 D，常在動物脂肪如乳酪與魚肝油，及綠色植物之內，然二者的分配略有不同。維生素 A 常能防止傳染與一種眼病，現知其與維生素 D 有別。對於正在生長的動物骨骼的鈣化，係屬必需。將紫外線射於幼童體上或其所食之物，可得一特殊結果，在避免軟骨病上與維生素 D 的效果相同。一九二七年，經幾個研究者獨立求得由食物中分離具此效應的化合物，至於其如何經紫外線的影響而變為維生素，現 (一九二九) 方在研究之中。此物乃一種繁複醇類，稱為麥角素 (ergosterol)，已可由酵母製造，並用以供給一種盛於瓶內的陽光。維生素 D 常在各種穀類的外皮及酵母等找到，可以防治一種神經病稱為脚氣病 (Beriberi) 的，東亞食精米的人民多患此病。維生素 C 存在於新鮮綠色植物的組織及數種果實 (特別是檸檬)，可以防治壞血症。在美國近來更研究得等五種維生素，與維持生殖有關，我們有理

由假定尚有他種維生素尙待發見。以上各種維生素，僅須極少的分量，便可發生特殊效果。內分泌器官對於動物生長上的重要，現今所證實者，遠超出昔人想象之上。除顯著的分泌爲唾腺之外，尚有多種傾注其產品於血液之內，供給人體各部以對於健康與生長皆屬必需的物質。

* 此等內分泌腺的機構與效能，一向視爲奇祕。一九〇二年白利斯 (Bayliss) 與斯達林 (Starling) 找出昔人以爲由神經反射作用而生的胰臟分泌，乃由腸內酸質作用所生的一種化合物所誘致，更由血液以輸至脾臟。此種物質名爲內分泌，平常是在消化過程中，當胃中的酸性物質進入腸內，須脾液的作用時所產生。此一內分泌的發見，引起人們對於其他類似內分泌的注意，每一內分泌在一器官內造成，由血液輸送至其他部分以顯其功效。哈代提議給與此種物質以刺激素 (hormones) 的名稱，旋爲白利斯與斯達林所採用，現已成爲生物學上常用的名詞了。

一九二二年班亭 (Banting) 與白斯特 (Best) 由羊脾臟提取一種質素，射入割取脾臟而患糖尿病的犬，使其血液中的糖的濃度減小，而恢復其對於糖的消化能力。此提煉品乃一種刺激素，稱爲胰島素 (insulin)。現時大量製造，用作防治糖尿病的特效藥。

甲狀腺內分泌，對於身體與精神的健康皆屬必要。若少時缺乏甲狀腺，發育便致遲緩，且成一種所謂克汀病 (cretinism) 的白癡，而患者的面貌有如蒙古種人。若成年人缺乏甲狀腺，則發生所謂粘液性水腫 (myxoedema)，此病可用甲狀腺提煉物治愈之，如第六章所述。反之，若刺激素過多，則發生所謂格內弗斯病 (Graves' disease) 即眼球突出性甲狀腺腫。甲狀腺內的活動成份稱爲甲狀腺素 (thyroxin)，一九一九年肯達爾 (Kendall) 分析出來，其化學成分則哈靈頓 (Harrington) 於一九二六年決定。且在實驗室中用綜合法製造之。甲狀腺素含有大量的碘，食物中缺乏碘質，可思魯鈍病，而簡單服食碘鹽，其效果與甲狀腺的提煉物相同。在飼養牲畜的食物中，需要碘及其他礦物質，已由實驗證明過了。

割去腺的效果，已經知道了幾百年，但至近年始加以精密的研究。此工作可以說開始於一九一〇年斯坦納哈 (Steinach) 的實驗，斯氏證明割後的蛙所缺的性質，可以注射他蛙辜丸內的物質恢復之。其後更有實驗證明，移植生殖腺於割割或衰老的動物，至少可暫時恢復青春的力量。

內分泌的作用尚有多種。大腦垂體腺或蝶鞍腺 (pituitary gland) 雖小，當其過分活躍時，使身材特別發展，肢體畸形，稱為肢端肥大病 (acromegaly)，反之，若缺乏粘液內分泌，則使身材矮小。有一刺激素名腎上腺素 (Adrenalin) 藏於腎上腺之中，當驚悸及失卻知覺之際，注入血液刺激所謂內臟神經。反之，若注射腎上腺素則發生隨情緒或恐懼而來的現象。此刺激素已經人分離出來，其化學成份亦於一九〇一年經日本人高峯 (Takamine) 決定。

生理學最重要分支之一，乃神經系統的研究。一個機體如一個國家一樣，須單位間的動作一致，方有效率與進步，神經乃單位間的交通機構，因是乃生理綜合的主要因素。在此方面，謝林登爵士 (Sir Charles Sherrington) 在一九〇六年以後曾作了近代的開路工作。亞得利安博士 (Dr. Adrian) 曾有下列記述：

在最複雜的動物體內，神經細胞與其週圍纖細的原形質，作成中心質料，而藉週圍的神經纖維以與其他部份相互交通。此乃神經的通道，由此把消息從感官傳到神經中樞，再由彼以至肌肉與腺官。神經纖維活動時，其表面常有電位差的小改變，此等改變的研究（近年來更輔以瓣膜擴大）已說明纖維所傳的消息屬於何種。司覺與司動的消息，係一串短促的『衝動』，彼此間差異甚微，但其距離的近與遠則視刺激的強度而定。但此現象，並未告訴我們神經中樞內有何舉動，待解決的問題乃發見進入的消息如何在該處組合，而發出的消息，又恰恰支配適當，使動物能以適宜的動作來響應。

欲完全解決本問題，須以心理學的術語來解釋動物的整個行動，但謝林登證明許多神經系

的『統整的行動』(“*Integrative action*”)，可以簡單反射與其相互作用解釋之。例如一種有秩序的運動的所以可能，須設一羣肌肉的收縮伴以相反肌肉的鬆弛，而其發生則係因進入的消息刺激其某部份神經細胞，而壓抑或阻止他部份神經的一種雙重效應。由禁制與刺激二狀態中間時刻的關係，可以說明一反射繼他反射而起的確當而無衝突。此項研究經謝林登創始以後，人皆集中注意力於反射，以爲尋求神經組織知識的鑰匙，加上拔勿洛夫 (*Pavlov*) 的工作，遂成近今心理學機械理論的趨勢。

腦乃神經中樞的最高部份，與視覺及聽覺相聯而發展，此二器官使動物與遠處物體相接觸，謝林登特稱之爲『遠處感官』。心理作用位置於腦的一部份即大腦，而特在其表皮。施刺激於大腦表皮的有限區域，四肢某部份的動作即隨以發生，勿里其 (*Fritsch*) 與希慈胥 (*Hitzig*) 初於一八七〇年研究電刺激的效應，其後繪出大腦表皮各部的活動圖，且研究其反應的，計有何斯列 (*Horsley*) 謝林登，布朗 (*Graham Brown*) 與黑德 (*Head*) 等人。

小腦乃腦的另一部份，經人證明其與身體的平衡姿勢與作有關，且調和其間的繁複連繫。小腦接收肌肉與內耳的刺激，而反應之以成動作。

不隨意神經系，控制身體中無意識的機能，初爲加斯開爾 (*Caskell*) 於一八八六——一八八九年與蘭格列 (*Langley*) 於一八九一年加以透澈的研究，證明此神經系雖具有某種補助的獨立作用，其實乃腦脊正系之枝脈，而受其統制。

拔勿洛夫於一九一〇年指出研究高等神經作用，不必加入心理學的概念。簡單功能的確定而無條件的反射，可進展爲他因素所限定的複雜反射，但觀測刺激與反應的方法仍可適用。若一常與食物有關的現象在若干時間中，與另一現象相連發生，後雖無食物，此新現象亦能獨自引起對於食物的反射動作：例如招餐的鈴聲可以使人垂涎。此方法涉及居間意識的最後性，但卻開創一個心理學派，稱爲

行為主義 (behaviourism)，它如生理學一樣不涉及意識。

實驗應用於心理學，始於十九世紀韋伯 (Weber) 等，這個方法，使後來研究者發展成一新心理學派，確屬於自然科學的範圍。(註一) 巴 視，味，嗅，觸等感覺的靈敏度，可以機械的方法測量。同類較複雜的測驗，可以估計記憶，注意，聯想，理解與其他心理功能；更有一套測驗，研究疲乏，對於刺激的反應，手眼間動作的配合。例如支加哥 克萊爾 女士 (Keller) 所作情感在呼吸上所生效應的試驗，其結果黑種女人的效應較白種女人為少。在此類研究上，方法純係客觀的與分析的，與自然科學方法相同。

純粹生理學家研究肌肉收縮，內分泌；神經的激物及其與中樞神經系相聯的物理與化學，心理學家則研究這些生理表現的心理方法。例如黑德 爵士 (Sir Henry Head) 對於患失語病 (aphasia) 一類的情感的研究，其興趣不僅在醫學方面。一九一四至一九一八年大戰中，神經學者研究局部損傷在心理上的影響，得到許多心理學上的新事實。

赫巴特 (Herbart)，米爾 與白恩 等的聯合學派以為自我非心理表現的來源，如昔日正統的見解，而係各個觀念的聯合。拔勿 洛夫 所倡導的交替反射的生理研究，使聯合學派更進一步，以成所謂行為主義的心理學，這是一九一四年以來瓦特生 (J. B. Watson) 所發展的。至於這個學派的基本觀念，則一八九四與一九〇〇年間英國 心理學家莫爾根 (Lloyd Morgan) 已經提出，他在美國 創立了動物心理學派。

這些研究者擺脫當時流行的以意識的術語解釋動物行為的方法，而去觀察動物與人的行為，其客觀的看法與觀察理化的事實無異。無人能由外表表顯知他人的意識，感覺，知覺或意志，這些在研究刺激與反應時，應置之不計。人的眼膜被觸，即一閃而閉，觀察者對於此刺激所引起的感覺實一無所知。

新生的嬰孩，除呼吸與涕哭的基本動作外，不學而能的反應為數甚少。只有高聲或驟失支持能引起他的畏懼。但小孩旋即學會畏懼與此相連發生的任何情形，只要發生在數次以上，而不問其是否有實在關係。換言之，即交替反射旋即成立。一經成立之後，須經『反交替』的緩慢程序，始能將自動的聯念打破。

據瓦特生言，思想乃一附屬的產品，由語言的習慣緩慢的形式，正如打網球與高爾夫球的精練，由肌肉活動得來一樣。小孩調讕自語，乃受外部刺激的一種反射運動；心靈上的想像，以話語為中心而建立，其後漸知不須出聲。但刺激常激起不完全或不發聲的語言。若是我們真正要思想的話，實在先說而後想。

此理論的有幾分真理，凡聽茶餘閑話或政治辯論者不能加以否認。從心理學的觀點言，亦甚有貢獻。其在哲學上的意義卻不能過於重視。如據機械學的定義，人可視為一種機器，對於行為主義者言，人僅是刺激與反應的一個鏈環。因所謂行為主義，根據其定義與定理，僅係刺激與反應間關係的研究。就行為主義的成功方面言，它有徵驗表示由假設所得的結果與事實不相違背，但此等假設的最後真實性的徵驗，不管它的價值如何，乃玄學的而非科學的。

近代心理學，在工業問題上有一個實際的用途。工業活動須用人執行，而人具有情緒，偏見與衝動，極難為理智或『開明的自利心』所左右。工業心理學家的職責即在研究此等與其較簡單的因素如疲乏之類，以適應工作的程序，使其工作不致引起過分的疲勞與厭倦。

各人在其活動中，有其自然的韻調與一定的週期率；若欲獲得最佳的結果，必須顧及各人的特性。工廠裏工作的程序，特別在美國，曾經精密的研究，並規定方法使工作者的動作簡單化或更合於韻調，以避免疲勞而增進效率。

同樣，教育心理學也對於兒童心理作觀察與實驗的研究。我們已有方法測驗兒童的心靈活動與

敏捷程度，而發見特殊性格以決定兒童前途的方法，亦有可能的朕兆。

心理學在醫學上也日益重要。從前有人企圖尋求心理有變化時，腦內物質有何變化，但甚少成功，即在瘋狂病者精神完全錯亂的情形下，生理與病理的測驗，也許不能覺得絲毫異常的狀況。思想或情感的改變，伴有生理的改變，似無可置疑，但在未確知其爲何以前，我們僅能以心理學的詞語解釋心理與其錯亂。近代精神病學所涉及的範圍較其名義爲廣，因變態的研究有助於常態的了解。變態心理學的發展，大部份由於弗洛得 (Freud) 的研究引起廣泛的興趣，弗氏介紹嚴格的因果決定論於近代心理學之中，自細小的過失以至最寶貴的信念，一切事情，概可以本能作用解釋之。此種本能的勢力隨身體而成長，若其發展被阻撓或抑制，則爲精神不康健的原因。

心理學的另一種應用，尙未敢斷定其結果是否有科學的價值，即所謂靈魂的研究 (psychical research)。在『精靈主義』的現象中，有許多是出於無意的自欺，或有意的詐騙。但在合格的觀察者眼裏，即使將一切欺騙的情形除去，仍留有一部份未能解釋，值得科學的研究。欲考察此等現象，研究者須兼具有瘋人的經驗與魔術家的技能。靈魂研究學會 (Society for Psychical Research) 的刊物中載有許多精細的研究，但靈魂的解釋是否合理，尙無合格一致的意見，以爲取舍的標準。在經過嚴格方法加以適當考察後的知識加多以前，我們最好不下判斷。

在最近三百年的生物學史上，生機論與機械論互爲消長，流行一時。在德卡爾的二元哲學裏，身體與靈魂相反，純係機械的乃至物質的。十八世紀後半期，法國百科全書派更進一步，建立哲學於牛頓力學之上，以爲人——身體與靈魂——不過是一架機器。此種見解，不但正統派的神學家不以爲然，即其他更合科學的作家，亦加以批評。十八世紀之末，主要因畢恰特的影響，生機論又復抬頭。十九世紀的生理學，經本拉得倡導，更助以自然選擇的演化理論，復向決定論方向發生反動，在德國的唯物哲學派與生物學者（如海克爾等）中，此種傾向尤爲顯著。

人是機器嗎？

此論爭的最近歷史，曾經羅登斯基得 (Nordenskiöld) (註一五) 與尼德漢 (Joseph Needham) (註一六) 加以敘述。實驗生理學家與心理學家，常假設力學與理化定律可以應用於有生命的物質，不斷擴大研究的範圍，在此範圍內，機械論似為生命現象的適當解釋。但有些生物學家，或感覺未知的境界尚甚寬廣，或體會生命的機構似有目的，復返於舊日的見解，以為只有以有生命之物為一有機的整體方能解釋事實。

此等研究者之中試舉數人，為余克居爾 (Von Uexküll, 一九二二年) 以為有生命機構的特點，在時間與空間裏，無不自成單位；霍爾登 (J. S. Haldane, 一九一三年) 以為在內部或外部環境的更變中，動物常有保持恆常的傾向；杜里舒 (Driesch) 以為早期的胚胎發展，僅能以非物質的導引力量解釋之。他如湯姆孫 (J. A. Thomson)，羅塞爾 (E. A. Russell)，與麥克布乃得 (W. McBride) 等均在生命的各種現象中，舉出一個或數個不能以機械詞語解釋的事例。

至於哲學家，如利加樂 (E. Rignano) 主張有生命物質的意義是有目的的——一個目的表示，一個對於結局的企求，其控制身體與心靈的生長與功用，遠超出機械與化學的盲目力量之外。(註一七) 試舉一例，他說：

有生命的物質，在溶解於營養液的極複雜的化學物質的混合體中，恰吸取其可以重建其特殊部份的化合物。從選擇的觀點言，此程序實表現其具有目的。

新生機論者的許多論據，建立在現今生物物理學與生物化學的缺欠上面。依賴一時的愚昧以為論據，實是危險。且此等論據已有一些為近今的研究所駁倒。其他論調，為上面所引利氏的說話，在他發表時不難即與以駁詰。生物固吸收其所需以維持生命的化合物，同時亦吸收殺害其成長的毒物。

洛慈謂世界上機構的功能，乃絕對普遍的，亦是附屬的。機械論的看法，乃實驗者所可用的唯一

假設。此僅係一種見解，但在其界限內則超越一切。物理科學從數與量的方向考察自然，而機械論的思想線索，則由心靈的機構織成其主要的結構。對於真實的精神方面，或整個宇宙的意義，也許可施以目的論，然於科學則非所宜，而應避免。

亨德生 (Lawrence Henderson) 供給另一種解答，他指出環境亦如機構，表現目的的意義。(註一八)我們所知的生命，所以能存在者，僅因碳，氫與氧的特殊化學性質，及水的物理性質。生命所以出現於我們這個世界，因為溫度，濕度等情形適為相宜，而且僅於此等情形的窄狹範圍內為可能。故有機目的論當包含於宇宙目的論之中。

即使以理化的概念解釋生命現象的生物物理學家與生物化學家有很大的成功，但作為一種哲學看，機械主義也還有錯誤。從德卡爾以後，機械論者以為物理科學表現事物的真實，而其實乃從一點觀察真實所得的抽象。因此，若以其表現真實的全貌，機械論常遇到週期的失敗，而自然引導到生機論——一種精神或靈魂，暫時的或永久的與身體相聯繫，為其特定的目的，控制或停止物理的定律。

生機論者的謬誤，似乎在其應用目的的概念於有限的生理科學的問題。此等問題，據其性質，僅可以物理學的分析方法解決之，至於目的——若有所謂目的的話——僅能行使於整個的機構之中，或只能表現於真實的玄學研究，因為存在的全體是於這些研究有關的。(註一九)

尚有一點應該指出的，即物理學最近的改變，開始於一九二五年，到一九二九年，似乎將與機械定命論以一種打擊。哲學一向自物理學援引最強的證據，以為科學定命論的主張乃數學的必然結果。但如後章所述，新的波動力學似乎將於物質的基本單位或電子的基礎上提出一種不定原則，因欲同時精密測定電子的位置與速度，乃為絕不可能之事。如其此驚人的發展得到證實，則最有力的哲學定命論的科學基礎將發生動搖。但此時遽作武斷，還早一點。

證實人類

正如化石紀錄的研究，增加了我們對於動植物演化說的真確的信念一樣，二十世紀早年古生物的發見，證實了來耶爾，達爾文，赫胥黎諸人所主張的人在自然界的地位的一般結論，確具真理。加之許多關於人猿及各種人類來源的新證據，也出現了。我們漸漸地曉得猿與人或者早在第三紀的中新世中間已分道歧出。同時他們現下密切接近的生理證據，則在其血液相似的新發見。

一九〇十年安督魯斯 (C. W. Andrews) 在埃及費養 (Fayum) 發見的化石，或可以代表現今哺乳動物的祖先，他的預言類人猿的早期形骸或可在此處發見，後來也於一九一一年經徐洛塞爾 (Schlosser) 證實。在喜馬拉雅山麓，皮爾格理門 (Pilgrim) 尋得猿化石，其構造的特殊，似說明其乃人科 (hominidae) 的原祖。一九一二年陶森 (Dawson) 與伍德沃 (Woodward) 在英國蘇塞克斯 (Sussex) 的碧特塘 (Pilldown)，發見類人的遺骸，埋藏在新生代下第四紀的岩石中，且有粗笨的石器。

關於一八五六年在列安得泰 (Neanderthal) 地方發見的列安得泰人的智識，因其後在其他地方發見同樣的遺跡，而大為增進。這些發見表示原人的形狀，頭大而扁平，眉額凸出，粗糙的面孔，腦雖大而前部則缺欠不全。列安得泰人所代表的屬類，在現時稱為人 (homo sapiens) 的一切人種的屬類以前，而更為凶猛。

列安得泰人以後，在歐洲有身材高大，頭顱脷長的克羅馬獎族 (Cro-Magnon)，他們實是人的分支。此族人的石器頗有進步，且其穴居壁上的圖畫頗有美術力量。其他同時或繼起的族類，皆與此有別，其名稱有蘇魯退安 (Solutian) 與馬格達良 (Magdalenian) 等。此後則有新石器時代的民族，在其游蕩中，把埃及與米索卜達米亞 (Mesopotamia) 的偉大文化傳播到西歐。

二十世紀之初，英法兩國的人都相信相似的文化，可以在世界各處各種族裏獨立發生，此信念使人於特著的相似之點，反茫然無睹。與此相反的，有一個重要的德國學派，倡始於拉澤爾 (Ratzel)，

一八八六年），其後更助以徐密特（Schmidt, 1910年）與格列布拉（Graebner, 1911年）的研究，此學派溯源美術文化的相似由於各民族的交混。理費斯（W. H. R. Rivers）研究太平洋諸島民族的關係，社會組織與語言，也得到相同的見解。理費斯的早死，乃人類學上一大損失，他於一九一一年促起人們對於德國研究的注意，（註三〇）此理論後來亦為研究他種藝術者所採用，特別的如斯密士（Thillott Smith）研究塗香料以保全屍身的技術，即是一例。真的，我們只看到處流行的建立單獨石像與其他石表的風俗，其方位與日星的關係，以及埃及模型的粗率的抄襲，即可見同出一源的，係文化而非種族。

二十世紀內，體質人類學既隨達爾文與赫胥黎所指示的路線而進展，社會人類學亦闢有新的途徑。這個新發展，第一由於我們關於原始民族有更親切的心理智識，如理費斯久居住於此等民族中所覺得的；第二由於對於希臘宗教的研究，如哈利孫（Jane E. Harrison）與康福得（F. M. Cornford）諸家的工作；第三由於弗勒惹所搜集的普及全世的大量資料。理費斯工作的重要，不僅是因為他所搜集的關於原始生活的事實，且因其紹介一種革命式的方法。他發見以前探險家用來發問的普通詞語，全非原始人的腦經所能了解。例如問某人何故娶其亡妻之妹，你得先問：『你能娶那女人麼？』然後再問：『你同她與她的關係怎樣？』普遍的規則必須由個別的問題緩慢地綜合而成。由其海洋洲的研究，理費斯斷言有一種驚畏與神祕的模糊意念，稱爲『馬那』（mana）的，乃魔術與宗教的來源，比泰勞（Taylor）所述精靈崇拜尤爲原始。

原始形式宗教的研究，已歷有年所，現仍在蠻野地域中進行，已使昔人對於宗教的見解完全改觀。（註二）昔人對於宗教的見解，無論其爲信徒或懷疑者，皆以爲宗教乃一組教義，若爲其所信仰的，則美稱之曰神學，若爲其他民族的宗教，則貶稱之曰神話或迷信。宗教儀式昔日視爲固定信仰的表現，而所謂『內在的精神感謝』，從一方面說應爲組成宗教的精髓的，人們並不感覺，或將

其與教義的相混。不但如此，武斷式的信條，形成完全而不可改異的教義，昭示世人，一成不變，並爲一神聖的經典或教會所維護。人的義務只在接受並遵循教規而已。

哈利生女士說：(註二)

宗教常包含兩個因素，第一，理論的因素，即人對於不可見者的看法——他的神學或神話。第二，乃人對於不可見者的動作——他的宗教儀式。此二因素絕少完全分離之時；它們以各種不同的比例相混合。前世紀的人對於宗教的見解，重要在其理論方面，即視爲一種教義。例如希臘宗教，在多數有教育之人眼中乃希臘的神話。但一加粗略的考察，即知希臘人與羅馬人皆無任何信條與教義以及成了硬性公式的信仰。只有在希臘的神祕宗教(註三)中我們覺得所謂懺悔式(Confiteor)；但此非信仰的自白，而爲所行儀式的承認。當我們研究原人的宗教時，很快的看到模糊的信仰雖多，而確定的信條却缺乏無有。儀式佔優勢而爲必要。

這樣儀式佔了確定信條的優先地位，因研究野蠻人始引起吾人的注意，但旋即獲得近代心理學的解釋。一般的信仰以爲我思故我作；而近代科學的心理學則以爲我作(或寧說對於外圍之刺激的反應)故我想。因此發生一串的循環現象：動作與思想次第的爲其他新動作與新思想的刺激。

真正『盲目的異教徒』並不向木石叩頭，而只忙於施行魔術。他並不向神祈求晴雨；他作一次陽光舞蹈，或仿效其習見天雨時的蛙鳴伏地而作蛙叫。在許多圖騰信仰中，人常以爲與一種動物發生密切的聯繫，而視之如神聖。有時此動物被視爲禁物(Totem)，不可撫摩；有時野蠻人食其肉頓覺有勇氣與力量。按節奏的舞蹈，無論其是否藉助於酒力，常能引人至狂歡的境界，而給意志以自由及一種超越常能力的感覺。野蠻人不知禱告，但有願望。

魔術對於宗教與科學的關係如何，仍是一個爭論的問題。魔術企圖驅使外界事物以服從人的意

志。原始形式的宗教欲藉一神或多神的力以影響環境中的事物。科學以其比魔術更爲明白的深識，很謙卑的學習自然的法則，又因服從此等法則，而得到控制自然的能力，這正是魔術誤認爲自己已經獲得的。無論此三者間的實在關係爲何，魔術似乎總是宗教與科學所從出的胎宮。

野蠻人在實施其意志的願望中，既已發展一種儀式，於是利用這種儀式與原始的觀念相湊合而形成一種神話。彼於主觀與客觀並無區別；凡所經驗之事——感覺，思想，夢幻或甚至記憶——皆屬真實而客觀的，雖其真實的程度或有差別。

斯賓塞爾謂野蠻人因夢見其亡父而欲加以解釋，乃創設一靈魂世界。但原始人却無斯氏這種複雜的理解。夢境對於他乃是真實；也許不如他現存之母那樣真實，但却非假。他並不尋求解釋，但當爲真實而接受，他的父親總之尚存在於另一世界。他感覺自身有一種內在的生命力：他不能摸捉，但却是真的，其已死之父也必有這種力量。其父死後此生命力不復住於其身體之內，但藉夢境轉回原地：這可稱之爲氣息，想像，幻影或鬼魔。這是生命本質與可分離的幽靈的混合物。(註二四)

泰勞曾指出野蠻人如何努力將常見之物分類，以達到類的概念，由是引至一信念，以爲同種之物屬於一家，有一部落之神爲之維護，並有一個名稱，以某種神祕的方式，含有其公有的本質。(註二五)對於野蠻人；數亦是超感覺世界的一部份，神祕的也是宗教的。『我們能接觸並看見七個蘋果，但七個的自身乃一奇異的東西，由此物移至彼物，以賦與七的意義，應是上界的仙人。』

由此種混亂的超感覺的境界，如夢，鬼，名，影，數等，更滲以儀式，魔術與節奏的舞蹈。此等因素作用又作用，野蠻人或遂由此種感覺與動作的混合體中，發展出一個神的概念。

社會人類學的極重要的材料，搜集在弗勒惹的巨著『金枝集』之中。此書初版二卷刊行於一八九〇年，一九〇〇年再版，已擴大而成十二卷。在此巨著中，弗氏描敘原始的風俗，儀式與信仰，其例證採取自有各種價值不等的來源，如石刻，古代與中世紀的史籍，近代旅行家，傳教士，人類學者與

人類學家的記載。有些權威學者以爲魔術乃宗教與科學的公共來源，弗勒忒則以爲是次第的發展。當魔術追求直接控制自然失敗以後，人們以崇拜與祈禱的方式，求神與以此種能力；當此舉亦屬無效，並認識自然界的一致性質時，人們乃踏入科學之門。

原始的心靈不能明晰的辨別自然與超自然的界限。人感覺其自身具有控制其思想的能力，野蠻人將此意念擴大，以爲亦能控制外物。其死父的幽靈；出現於其夢中者，發展而爲有靈之神，亦能控制萬物，或較其本人效能尤高。在酒與舞的刺激下，他感覺自己的能力擴大，自己的靈魂受了神感。他人有受更大的神感的，即他們的君與祭司，這些人簡直就是神。交感魔術 (sympathetic magic) 企圖以仿效的方式，複製自然的現象，於是原始宗教中創出許多象徵的儀式。傳佈最普遍的莫過於每年的戲劇：播種，生長，收穫時的毀滅，春來時的復活，象徵爲無數的表演，在許多時代與許多地方流行。人起初舉行儀式，畫唵符咒，以使雨落，日出，生物繁殖。於是他感覺有更深遠而神祕的原因在幕後主動，且幻想生長與凋謝必是神力漲落的效果。

此等神與祀神的儀節，特別流行於地中海東面各地，神的名稱計有 Osiris (下界之主神) Tammuz (巴比倫的農神) Adonis 與 Attis。巴比倫人與敘利亞 (Syria) 人的 Tammuz 即希臘人的 Adonis。Tammuz 爲 Ishar 的丈夫，而此女神司土地的生產，Adonis 乃 Astarte 或 Aphrodite 的愛人。他們的結合在使大地生產上爲必要，爲了這個，有許多神祕儀節在其廟中表演。與此相似的，Attis 乃衆神之母 Cybele 的兒子，此女神昔居 Phrygia 國，在紀元二〇四年前，帶至羅馬。

此等祀神的儀節大同而小異。每年哀悼神的死去，殺一個人或一個畜牲以爲象徵，即於其次日或在另一季節內，歡呼宣佈其復活。有些祭禮，常在冬至日慶祝新年，或太陽或代表的新神的降生。

史學家蒲魯達啓 (Plutarch) 與赫洛多達斯 (Herodotus) 所述，關於埃及的神 Isis 與 Osiris 的故事，頗爲複雜，然其根本觀念與象徵似全相同。在希臘時代，主要的埃及神有 Isis、Anubis (導引靈魂至永生界之神) 與 Serapis，此神『爲埃及及皇帝多倫密 (Ptolemy) 所創，乃近代人所造的惟一成功的神。』Serapis 卽 Osiris，而更加以希臘的色彩，意在聯合希臘人與埃及人於一個共同崇拜之下。埃及人不要他，他遂成亞立山大城的希臘神。此神與其配偶 Isis 在地上的代表乃多倫密 帝后。 (註二六)

崇奉古波斯太陽神 (Mithras) 的神祕宗教，一方與地中海邊崇奉 Cybele 神宗教，他方與基督教相似，此等相似之點，在早期基督教神父眼裏乃妖魔所設的詭計，用以淆亂真僞者。太陽神教曾爲基督教的勁敵，它有隆重的儀式，與企求道德的純潔及不朽的希望相結合的。的確，這兩種，曾經一度競爭，欲征服羅馬世界，有三時期且旗鼓相當，不分上下。

基督誕生的前後數世紀內，古典式的神話信仰已經衰微，類似太陽神教代之而起者，尙有其他神祕的宗教。此等宗教皆藉入教與神交的儀式而圖與神交通，顯然係由原始的崇拜而來。弗勒惹在其書中曾徵引無數神交儀式的例子，及其與各地原人的圖騰主義及自然崇拜的聯繫後乃作下列的斷論：

我們從此容易了解野蠻人爲甚麼喜食其所崇拜的人或獸的肉體。因食神的身體，可以得到神的屬性與能力。如其爲穀神，則穀便是他的身體；如其爲酒神，則葡萄酒便是他的血；故食麵包與飲酒，信徒卽分取神的真實肉體與血液。因此在祀酒神 (如 Dionysos) 的儀式裏飲酒，非是放縱，而係嚴肅的聖禮。(註二七)

信仰雖經變遷，古代的儀式依然存在，而且昇華爲較高宗教的聖禮。其後羅馬的哲學家或新教的改革者，對於此事都有批評。例如西塞洛曾言：

我們稱穀爲穀神 (Ceres)，稱酒爲酒神 (Bacchus)，不過僅是比擬的話，誰有如是愚蠢，相信

所飲食的物爲神呢？

此等批評者的謬誤，以爲人類的宗教信仰與其儀節，僅僅靠了理智即可成立，而不知人的本能乃百萬年來精靈崇拜祖先的遺傳。羅馬教會在其實際行動上，從未蹈此謬誤，雖然其哲學的理論根據，在中世紀後期與十九世紀，皆建樹在阿奎拉斯的唯理主義之上。

在耶穌紀元的第一世紀，除正式的宗教與哲學之外，暗地裏尚普遍流行着原始宗教的儀節與信仰，且滲合以本身所有及舊約所載希伯來的祭祀觀念。欲了解基督教發展初期的一般人的心理情態，不應忽略此種原始的與東方觀念的暗流。

弗勒惹對於基督教中所雜有的東方因素，有如下的敘述：(註二八)

入神的瘋癲，被誤解爲神靈的感化，肢體的殘毀，流血贖罪與重生等理論，皆起源於野蠻時代，對於野性尚強的民族，自然易於接受。……崇奉大母(即地神)的宗教，一個奇特的粗野性與精神向上的混合物，乃許多東方信仰中的一種，其後在異教盛行的時代，傳播於羅馬帝國，並以異教的生產理想滲透於歐洲民族，漸漸摧毀古代文化的整個結構。希臘與羅馬的立國原則，乃使個人服從社會，公民服從政府，國家的安全乃個人行爲的最高目的，遠在個人安全之上，無論在現世或將來的世界皆然。……此種理想因東方宗教的傳播而生改變，因此等宗教以靈魂的神交與永遠得救，乃生活的唯一目的，而對於國家的繁榮甚至對於其存在，亦視爲了無意義。……此種見解的勢力，存在至一千餘年之久。直到中世紀的末葉，羅馬法律，阿理士多德的哲學與古代文藝的復興，歐洲乃重返其固有的生活與行爲的理想，對於世界有更清明而合人性的見解。文化進展的長期停頓於是終了。東方的侵略終被阻止。

持相反見解的人，可有理由指陳此節論證的欠圓滿。設如神祕主義者的假設爲不謬，則人的靈魂與神的交通實較政府與國家更爲重要。但無論各人對於此兩種相反的生活理想作何選擇，如弗氏這樣

專家，對於這門知識有如許貢獻的，他的意見似須與以注意與尊重。

近代歷史與人類學的研究，對於基督教的起源與意義的問題，有何關係？此更深遠而重要的問題，仍在討論之中，在此討論裏，因襲的與習慣的兩種成見極易影響理解的行動。誠然因襲的基督教義有許多與其以前或同時的宗教信仰相似，且基督教的儀式亦有許多與神秘的異教的儀式相當。有人以為此等相似之點，乃表示基督教亦應列為第一世紀的神祕宗教之內。又有人以為近今人類學的結論，或係言過其實。神祕宗教與早期更原始的崇拜間的關係，現在已更明瞭，而神祕宗教的存在與其性質，早為史學家與神學家的所熟知。形式的相似，並不必表示來源與意義是相同的。

我們對於基督教無論採取正統的見解與否，必須承認近代的人類學幫助了我們了解，一方面心理學與基本宗教（不可見的神力的直覺）的關係，他方面原始信仰與更進步的神學的關係。

(註一)見 Wm. Bateson, *Naturalist, Memoir by Beatrice Bateson*, Cambridge, 1923, p. 32。

(註二)見 W. Bateson, *loc. cit.* p. 162. Quoted from *Journal of the Royal Horticultural Society*, 1900。

(註三)見 T. H. Morgan and Others, *The Mechanism of Mendelian Heredity*, New York, 1915, Especially Chap. I。

(註四)見 R. H. Lock, *Recent Progress in the Study of Variation, Heredity and Evolution*, London, 1907。

(註五)見上所引用白特生書三九五頁。

(註六)看 F. O. Bower, *The Ferns*, Cambridge, 1923-28, Vol. III, p. 287。

(註七)見上所引用白特生書三九五——三九八頁。

(註八)見 W. C. Dampier-Whetham and Catherine D. Whetham, *The Family and the Nation*, London, 1909。

(註九)見 *Journal of Heredity* (American Genetic Association) Vol. 19, Washington, D. C., June, 1928。

(註一〇)見 *The Family and the Nation*, p. 238。

(註一一)見上所引用白特生書三九五頁。

(註一二)看 Sir W. M. Bayliss, *Principles of General Physiology*, 4th. ed. London, 1924。

(註一三)為便利計，鹽離子的濃度常寫為 PH，而以其對數的負值表之。例如純水的鹽離子的濃度為 10^{-7} 而其 PH 為

70

- (註一四) 見 C. S. Myers and F. C. Bartlett, *Text-Book of Experimental Psychology*, Parts I and 2, Cambridge, 1925。
- (註一五) 見 E. Nordenstjöld, *The History of Biology*, Eng. Trans. London, 1927, 第六〇三頁及其後。
- (註一六) 見 Joseph Needham, *Man & Machine*, London, 1926。
- (註一七) 見 E. Rignano, *Man not a Machine*, London, 1926。
- (註一八) 看 *The Fitness of the Environment* 見以上所引尼德漢著。
- (註一九) 見 J. S. Haldane *The Sciences and Philosophy*, London, 1929。
- (註二〇) 見某 *Presidential Address*, Section II, British Association, 1911。
- (註二一) 英譯例，可譯 'Darwin and Modern Science' Cambridge, 1902, *The Study of Religions*, by Jane Ellen Harrison, p. 194。
- (註二二) 見上引用 'Darwin and Modern Science' p. 198。
- (註二三) 爲詳例，可譯 J. E. Harrison, *Prolegomena to the Study of Greek Religions*, Cambridge, 1903, p. 156。
- (註二四) *Körpersole or Psyche* 著 Wundt, *Völkerpsychologie*, Leipzig, 1900, Vol. II, p. 1; 及上所引用之 Jane Harrison 也轉 p. 591。
- (註二五) 見 *Primitive Culture*, London, 1903, Vol. II, 4th, ed., p. 245。
- (註二六) 見 W. W. Tarn, *Hellenistic Civilization*, London, 1927, p. 294。
- (註二七) 見 *The Golden Bough*, 3rd. ed. Part V; *Spirits of the Corn and Wine*, Vol. II, p. 187 及其後諸頁。
- 較簡的敘述有 "Primitive Sacramentalism" by H. J. D. Astley, *Modern Churchman*, Vol. XVI, 1926, p. 291。
- (註二八) 見所引書三五六頁及以後諸頁。

第九章 物理學中的新時代

新的物理學——陰極射線與電子——陽射線或原子射線——放射現象—— α 射線與原子序數
——元素表——量子論——原子構造——波耳學說——量子力學——相對論——相對論與萬有
引力——天文物理學：恆星宇宙——星的本性——星的演化——相對論與宇宙

直到十九世紀末後十年以前，物理科學還是循着第六章所述的發展路線，繼續前進。當時以為物理學的主要骨幹，已一勞永逸的構成了。此後所須添做的些許工作，祇在物理常數的測量到再進一位數字的準確，與夫在幾個會認為可用以太來解釋物質構造的問題上，求得若干進步而已。

新的物理學，可說是始於一八九五年慕尼黑 (Munich) 樂根 (Wilhelm Konrad Röntgen 一八四五——一九二三年) 教授 X 射線 (X-rays) 的發現。在此以前，關於氣體中的放電，本已有多次的實驗。最主要的，以前有法拉第，肯托夫，蓋斯勒 (Geissler)，哥爾德斯坦 (Goldstein)，苦魯克斯諸氏，以後有 J. J. 湯姆孫——即今日劍橋大學三一學院的導師約瑟夫湯姆孫爵士 (Sir Joseph Thomson)。但是此等實驗只有特具明見者覺得重要，而最初把一般物理學家的主要注意力引到它們上面的，便是樂根的工作。

偉大發現之成功於偶然者，每較一般人所想像的為少。雖然如此，偶然的事件，早晚必得發生，但是更為偶然的，就是使樂根碰到 X 射線的跡線上。樂根發現緊密封存的照片，雖絲毫不使漏光，但若置於放電的高度真空管附近時，這照片依然會變灰黑而至毀壞，這顯示放電管內可發出某種能穿透照片封套的光線。

樂根發現，一個塗有燐光質，如鉀氰酸鉀 (potassium-platino-cyanide) 的幕板，放在此種放電

管附近時，即發亮光。金屬的薄片，放在管與磷光幕的中間時，即投射陰影。而輕質的薄片，如鋁片或木片，平時雖不透光，但在此射線內投射的陰影，幾乎不能看見。射線的被吸收，似與吸收體的厚度及密度約成正比。真空管內的氣體愈少，則射線的貫穿性愈高。相當「硬度」的射線，可使肉內的骨骼，在磷光片或照片上，投現陰影。於求得適宜的技術後，這事實在外科醫術上，已表現其無上的價值了。

在純粹科學的觀點上，一個更重要的發現，緊隨着X射線的存在發表後，便爲J.J.湯姆孫等所找得了。(註二)就是當這些射線通過氣體時，它們就會使氣體變成導電體。在這個研究範圍以內，法拉第所創設的，與柯爾勞徐，范霍夫，愛倫了斯(註三)所發揚的液體電解質的游子論，已經爲氣體的導電現象預示了相似的機構，而現在這氣體的游子論，已表現着更大的成功。

把X射線通過氣體後，再使之忽然中斷，則氣體的導電性依然可以維持若干時間，然後漸漸消失。湯姆孫及盧塞福又發現：當一爲X射線使成導電體的氣體，通過玻璃綿或兩個電性相反的帶電板中間時，其導電性遂即消失。這表明氣體之所以能導電，是因爲含有荷電的質點，這些荷電的質點，一與玻璃綿或帶電板之一相接觸時，即放出其電荷。盧塞福又發現：在一導電的氣體內，電流的強弱起初是和外施的電動勢 (electromotive force) 成正比；但若電動勢繼續增高，則電流的增加遂漸漸變慢，最後達到一個最大飽和的數值。從這些實驗，可以明白知道：游子是液體電解質中通常而永久存在的成分，但在氣體中，祇有當X射線或其他游離劑施用時才會產生。產生的游子，若不與以外力管制，則將更漸漸結合而至消失。玻璃綿的大量表面，可以吸收游子，或使其易於結合。若外施的電動勢相當高，則可以把產生的游子即時驅到電極上面，因此電動勢的再行增高，並不能使電流再行加大也。

藥根的發現，更引起了另一研究的路線——放射現象的研究。因爲X射線既能使磷光質發生顯

著的效應，那末反之，這種磷光質或他種天然物體，是否也可以產生 α 射線呢？這當然是個很自然的問題。關於這研究的首次成功者，是亨利·柏開勒（Henry Becquerel）。他在一八九六年二月發現鉀鈾的硫酸複鹽發出的射線，可以穿透黑紙或其他不透光的東西，使照片發生感應。後來他發現鈾的本身及其所有化合物，都有同樣的作用。

次年，一八九七年，是以超原子質點（ultra-atomic）——遠比任何元素的原子更輕的質點——偉大發現著稱的一年。物理學中的新時代，就從此開始了。

當一裝有鉀電極的玻璃管，用抽氣機漸漸抽空時，管內的放電，遂產生多次性行上的變化。最後，管的玻璃牆上，或管內他個固體上，即產生磷光效應。於是這種固體遂成爲 α 射線之源。一八九九年，哥托夫證明：置於陰極與玻璃牆間的障礙物，可在玻璃牆上投射陰影。哥爾德斯坦於一八七六年，證實齊氏的結果，而創用陰極射線（Kathodenstrahlen 或 cathode rays）一名詞。當時他以爲此種射線，是與普通光線同一性行的以太波。但是瓦爾勒（Varley）和普魯克斯二氏，則提出證據，如它們在磁場中的偏轉（deflection）等，謂此種射線爲陰極上射出的荷電質點，因撞擊而產生磷光。一八九〇年許斯德（Schuster）用它們在磁場中的偏轉度，測量這些假想質點的電荷與其質量的比率，而估計其爲液體中氫游子比率的五百倍。（註五）許氏假設這些質點的大小與原子相髣髴，他推得氣體游子的電荷，遠較液體游子的爲大。一八九二年，赫爾茲發現陰極射線能貫穿薄的金片或鉛片。這發現，似乎與組成射線的質點爲普通原子或分子的觀念，頗難調和。一八九五年，白冉證明：這些質點於偏轉到絕緣的導體上時，即授給其所有的電荷於導體。當一八九七年，質點的速度及其電荷與質量的比值，爲幾個物理學家所精測後，（註六）它們的性質的問題，終於得到了解決。維協爾（Wiechert），在一月發表的工作，證明幾種射線的速度，約爲光速的十分之一，而其 $\frac{v}{c}$ 則等於電解液中氫游子的二千至四千倍。維氏以電容器的振動週期測量速度，而以磁場中之偏轉度測量

陰極射線
與電子
(註四)

陰極射線
與電子

e/m 。考夫曼 (Kaufmann) 七月發表的工作，自電極間的電位差及磁場中的偏轉，求得質點的能最。最後 J. J. 湯姆孫，於十月間發現在高度真空下，陰極射線不但能為磁場所偏轉，亦且能為電場所偏轉。他因而測量這兩種偏轉度。(註七)

第九圖，是湯姆孫當時用作實驗的儀器。一個高度抽空的玻璃管，裝着兩個金屬電極——陰極 C，及開有小縫的陽極 A。從 C 發出的陰極射線之一部，穿過小縫後，再為第二個小縫 B 所剖細。這樣得到的射線小柱，經過絕緣片 D 之間，射在玻璃管他端的螢光幕或照片上。若將絕緣片連於高電壓電池的二極，則其間可產生電場。更將整個儀器置於一強力的電磁二極中間，則射線亦可受得磁場的作用。

假設陰極射線是荷有負電的質點的疾流，則簡單的計算，可以求得射線所受電場的偏轉度，亦如其所受磁場的偏轉度，是依質點的速度 v 及其電荷與質量之比 e/m 而變更的。(註八) 所以自此二者——電場及磁中的偏轉度——的測量，遂可求得 v 及 e/m 的數值。

湯姆孫求得質點的速度，在光速十分之一的左右，而略有變動。但其 e/m ，則不論氣體或電極的性質若何，氣體的壓力若何，均無改變。在液體電解質中以氫游子的 e/m 為最大，約為 1.0×10^8 或 10^8 。(註九) 湯姆孫求得氣體游子的 e/m 為 7.7×10^8 ，換言之即為液體中氫游子的 e/m 的七七〇倍，而考夫曼於一八九七年十二月所求得精密的數值為 1.77×10^8 。這些結果或可表明氣體中陰極射線的質點，或如許斯德所料，有比氫游子大得多的電荷或是小得多的質量。湯姆孫臨時假定：這些質點比原子更小。他以牛頓所常用的微粒名詞用於它們，並且說它們是我們多年尋求的各元素的共同成分。但是當時並未明白證實

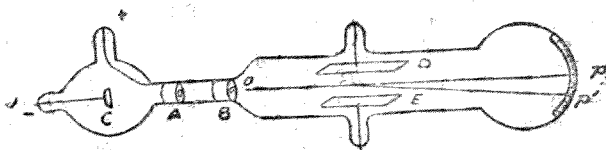


圖 九 第

這些微粒所負的電荷，不比電解質中單價游子所負的更大，因此無法計算其質量。所以電荷的疑案，遂自然成爲即待研究的問題了。

一八九八年和一八九九年，湯姆孫測量 α 射線在氣體中所生游子的電荷。他利用威爾遜 (C. T. R. Wilson) 於一八九七年所發現的方法，就是說：游子和塵埃一樣可以做潮濕空氣中蒸氣凝成霧滴的核心。從這些霧滴及抗空氣阻力而降落的速度，可以計算霧滴的大小。從凝結水的體積，可以求得霧滴的數目。再從一已知電動勢所產生的電流，求得電荷的總量。不久以後，唐遜德 (Townsend) 曾測量游子滲入氣體的擴散速度，而由此以計算游子的電荷。至一八九九年，湯姆孫乃以霧(室)法及磁場偏轉法，測量同一種質點——以紫外光射於鋅片所產生的質點——的電荷。和 α 。所有結果，都在實驗精密程度以內，證明氣體質點的電荷，與液體單價游子的相符合。於是電荷的證明始得完結。的確，在米里根 (Millikan) 新近的實驗結果中，此二數值相差僅在四十分之一以下。

由上可知，並非微粒的電荷比液體中氫游子的更大，而是其質量更小。這種微粒，無論原質的性質若何，均爲其原子共有的成分。從湯姆孫最初的實驗，每一微粒的質量，似爲氫原子的七七〇分之一。但從上述考夫曼 α 的結果，已可求得較精密的數值。自是以後，關於微粒的電荷及其 α ，接着有許多新的測量。最著者，是米里根的測量。他在一九一〇年改良威爾遜的霧法。更於一九一一年測量一個小油滴在被游離的空氣中降落的速度。當一油滴捉到一游子時，其速度遂忽然改變。如此求得游子的電荷，爲 4.775×10^{-10} 靜電單位 (E. S. U.)。這表示這些微粒或電子的質量，爲氫原子的 $\frac{1}{1830}$ 分之一。(註1) 從氣體動力說 (Kinetic Theory of Gases)，可得一個氫原子的質量約爲 1.66×10^{-24} 克，所以一個電子的質量約爲 9×10^{-28} 克。

這個偉大的發現，終究解決了一個古如希臘的問題：——不同的物質，是否有同一基體的問題。同時又闡明了起電作用 (electrification) 的意義。湯姆孫當時發表其個人的觀點說：

我認爲一個原子，是含有許多更小的個體。這些個體，我名之爲微粒。諸微粒彼此相等。其質量，等於低壓下氣體中陰游子的質量，約爲 30×10^{-28} 克。在正常原子中，這些微粒的聚團，構成一個中性的電的體系。個別的微粒，行爲雖然好像陰性的游子，但當團聚於中性的原子中時，它們的陰電效應，遂爲某種東西所抵消。此種東西，使微粒散布的空間發生一種作用，好像它擁有與諸微粒電荷之和相等的陽電似的。氣體的起電作用，我認爲是因爲原子的分裂，致使微粒脫離某個原子。脫離的微粒，性若陰性的游子，每個荷有一恆量的陰電，爲簡便計我們可名之爲單位電荷 (unit charge)。剩下原子的他部，性如一陽性的游子，載有一單位的正電荷與比較陰游子更大的質量。以此觀之，起電作用，主要是原於原子的分裂，其中的一部質量，遂被放出而脫離原子。(註 11)

這些新近的發展，與一較古的研究路線，頗有關聯之處。照馬克思威爾的學說，光既爲一種電磁波系，則發光者必爲振動的電體。(註 12) 因爲光譜爲元素而非化合物的特性，所以這些振動體，或名振子 (vibrator)，必爲原子或原子的各部。依照這種推理的路線，羅倫茲 (Lorentz) 適在湯姆孫的發現以前，曾創設了一個物質的電原學說 (electric theory of matter)。在此學說中，曾有磁場可以影響光譜形象的預期，而此預期又已爲齊曼 (Zeeman) 所證實。齊曼於一八九六年，發現當一光源置於一強烈電磁體的磁場之內時，其所發鈉光譜的譜線，即行變寬。他後來且以更強的磁場，把單獨的譜線分成二條或更多的部分 (component)。這些部分間距離的測量，曾照羅倫茲的學說，供給計算 e/m ——振動質點的電荷與其質量之比——新值的張本。當時固知此值似在 10^7 電磁單位 (electromagnetic unit) 左右，而更精密的測量，已求得其爲 1.77×10^7 了。此與從陰極射線的實驗或他法所得的結果，甚爲吻合。

羅倫茲曾以姜司敦·石堂勒 (Johnstone Stoney) 所創「電子」一名詞，用於此種振動的電的質

點，而齊曼效應的發現與測量，證明此種質點就是湯姆孫的微粒。它們可視為孤立的陰電單位。拉摩爾 (Larmor) 以為電子既有能量，則必擁有與質量相當的慣量。於是羅倫慈的學說，遂成為物質的電子學說 (electronic theory of matter)，而與隨湯姆孫發現而起的觀點完全融合矣。所不同者，惟在湯姆孫以物質的術語釋電，而羅倫慈則以電的術語釋物質耳。

在此可與說明的：就是當時有一頗自然而為一般所默認的假設，說微粒或電子是依照着牛頓的動力學 (定律) 在原子中運動的，甚至在最初的時候，把原子認為一個小型的太陽系，電子在其中的轉動，有如行星的繞太陽。此假設迄未為以後的工作所證實。我們現在 (一九二九年) 明白這行星軌道的概念，並非依據事實的必然結果。

以後接着的發現，證明微粒或電子能以許多他種方法產生：例如物質在高溫度時及金屬受紫外光作用時，即能發射電子。這些產生電子的效應，曾為愛爾斯特 (Elsler) 和蓋特爾 (Geitel)，理查森 (W. Richardson)，拉登堡 (Ladenburg) 等所研究，此後熱的效應，遂在無線電報及電話所用熱游子管 (thermionic valves) 中，有重要的實用了。

由上所述，陰極射線於真空管放電時，自陰極射出。至其相對的陽射線，自陽極發出的，曾於一八八六年為哥爾德施坦所發現。觀察陽射線之法，可在陽極對面的陰極上穿一小洞，則放電時，有發光的射線經過此洞，可在陰極以外察見之。此種管道射線 (Kanalstrahlen) 的磁偏轉及電偏轉，於一八九八年首次為費因 (Wien)，接着又為湯姆孫所測量。其 e/m 數值，證明陽射線為質量與普通原子或分子相近的陽性質點所組成。

陽射線的研究，於一九一〇年至一九一一年繼續為湯姆孫所推進。他用一個高度抽空的大儀器，陰極中心穿有一長而且細的導管，如此得到一道很細的射線柱，其位置可在儀器內置的照片上與以紀錄。其中磁力與電力的裝置，在使二者所生的偏轉互成直角。因為磁偏轉與質點的速度成反比，而電

偏轉則與其速度的平方成反比，故若射線中有速度不同的同類質點，則照片上即將呈現拋物線形的曲線。惟實際所得的曲線，則須視儀器中殘存氣體之性質而定。如氣體為氫，則基本曲線所表之 e/m 為 10^4 或 m/e 為 10^{-4} ，與液體電解質中氫游子的數值相等。第二條曲線所表之 m/e 值為前者的兩倍，即表明一氫分子擁有二倍於氫原子的質量與一個單位的電荷。其他元素呈現含有多個拋物曲線的複雜體系。每個元素的 m/e 與氫原子的 m/e 比較，湯姆孫名之為該元素的『電原子量』(‘electric-atomic weight’)。

湯姆孫於試驗氦元素（原子量為 20.02 ）時，發現兩條曲線，表示原子量一條為 20 ，他條為 22.1 。這指明普通製備的氦氣，或為二種化學性相同而原子量互異的元素的混合物。若干放射現象中，已與此種元素以證實及解釋，此即梭德 (Soddy) 所稱之『同位元素』(isotopes 希臘文為 *isotopos* 即在化學表中佔有同一位置之意)。

湯姆孫的實驗為阿斯頓 (Aston) 所接受，而與以發展。(註一三)他以一改良的儀器，求得各元素有規律的質譜 (mass spectra)。氦有同位元素的性質固為其所證實，而氫的原子量三五·四七，多年以來為化學家所不解的，至是亦證明其為原子量三五及三七兩種原子的混合物了。阿氏於他種元素得到相似的結果。若姑定氧的原子量為十六，則其他所有已經測驗的元素的原子量，都很近整數。差別最大者，為釷的原子量，非為一而為一·〇〇八。這些與整數的微量差別，是由於原子核中陰陽二單位體的緊束 (close packing) 情形，後當詳論之。

阿斯頓因此闡明了另一古老的問題：紐蘭茲與孟得列夫的工作，證明各元素不同的性質，與其原子量的陸續增加有其某種方式上的關係，並且不可避免的表明原子量的自身，應列入簡單順增的序系。勃勞特的假設，說它們都是氫原子量的倍數，至此已得證明其確實。至於其中微量的差異，則在近代原子學說中既可與以解釋，而且富有超越的興趣。

在柏開勒爾對於鈾的放射性質作有創造性的觀察以後，接着遂有新的發現：鈾的射線亦如 α 射線，能在空氣及他種氣體中產生導電性。鈷的化合物亦有與此相似的性質。一九〇〇年居禮(Curie)夫婦，曾於各元素與其化合物以及天然產物中，對此種效應作有系統的尋求，發現鈾鏷瀝青(Pitch-Blende)及其他數種含鈾的礦物，較鈾素本身更為活動。他們採用化學方法，以放射性自身作分離的標誌，將鈾鏷瀝青的成分與以分離。於是三種甚為活動的物質——常時即名之為鐳、錒、釷——的鹽，遂為諸學者所分離。其中的最活動者為鐳，乃居禮夫婦與柏滿特(Bémont)合作而得的。鈾鏷瀝青中鐳的含量極小，多噸的礦，經過冗長而麻煩的工作，僅能產生鐳鹽至一克的極小分數。

一八九九年滿特利奧(Montréau)的盧塞福教授，即今日劍橋大學的愛勒斯特·盧塞福爵士(Sir Ernest Rutherford)，發現鈾的幅射含有二部：一部不能貫穿比五十分一毫米更厚的鋁片，而另一部則能在其強度減低至半數以前，貫穿約半毫米的鋁片。前者盧塞福稱之為 α 射線，能產生最顯著的電的效應；而貫穿性較大之部或 β 射線，則能通過不漏光的遮幕，兩使照片變質。嗣後被發現的，再有一種更富於貫穿性的幅射，即 γ 射線，能貫穿一釐米厚的鉛片，而猶能產生影像及使驗電器放電。鐳發射此三種幅射遠較鈾為容易，與其一般活動性成比例，所以研究此種幅射的也以用鐳為最便利。

貫穿性適中的 β 射線，既易為磁鐵所偏轉，而且如柏開勒爾所示，更名為電場所偏轉。柏氏確切證明它們是射出的荷電質點。繼續的研究，證明 β 射線，雖速度約為光速的百分之六十至九十五，較已經試驗過的任何陰極射線的速度為大，但其他性行，均與陰極射線相同。所以 β 射線就是陰電的微粒或電子。

磁場及電場，其強度足以使 β 射線產生可觀的偏轉的，並不足以影響易被吸收的 α 射線。雖在一九〇〇年左右， β 射線已被認為最可能是荷有陽電的質點，其質量較組成陰性 β 射線的質點者為大，但其磁偏轉與電偏轉的實驗演示，及其與 α 射線偏轉在反對方向的證明，却在若干時期以後。盧塞福

在一九〇六年對於 β 射線的實驗，求得其 ρ/β 為 5.1×10^8 。電解液中氫游子的 ρ/β 為 10^4 。因為 β 射線中確已證明（詳見後文）含有氦素，由此可知 β 質點，乃荷有二倍於單價游子的電荷的氦原子（原子量為四）。它們的速度約為光速的十分之一。

貫穿性最強的 γ 射線，不能為磁力及電力所偏轉。它們與其他兩種射線種類不同，而與琴根所發現的 α 射線相似，為一種與光同性的波所組成。惟其波長如愛理思 (O. D. Ellis) 及邁特納女士 (Franlein Meitner) 所測量者，遠較光波者為小耳。非但如此，它們亦如某些 α 射線，含有其發射體特有的各種單色 (monochromatic) 成分。

一九〇〇年威廉，若魯克斯爵士，發現：若以炭酸鉍使鈾自其溶液中沉澱，而再溶其沉澱於過量的試劑中，則所餘留的，為少量不溶的渣滓。這點渣滓，若魯克斯名之為鈾 γ ，以照相試之，非常活動而復歸溶解的鈾則否。柏開勒爾氏亦曾得相似的結果：他發現若將此活動的渣滓擱置一年，則喪失其活動性，而不活動的鈾，又恢復其固有的輻射性質了。

一九〇二年，盧塞福與棧德發現鈾的相同作用，即鈾的活動性，能為氫所沉澱而消失一部。蘆液蒸乾，則產生一放射性極強的渣滓。但時經月餘，渣滓的活性喪失而鈾的活性則恢復其原值。這活性的渣滓，鈾 γ ，證明為一個別的化學物質，因其只能為氫所全部分開，他種試劑雖能使鈾沉澱，但不能使之與鈾 γ 分離。因此當時決定這些 α 化合物（未知的化合物）必為別異的個體，繼續由母體發出，而漸漸喪失其活性。

一八九九年，盧塞福曾發現從鈾發出的輻射，變易無常，尤其是易為吹過放射物質表面的空氣緩流所影響。他找出此現象是因為有一種物質的放出，它有暫時放射性，其性行與重的氣體相似。這種當時所謂的射氣 (Emanation)，必須與上述以高速度依直線進行的輻射區分清。射氣慢慢的散入大氣中，好像揮發性液體的蒸氣一樣。它的作用像是直行輻射的另一泉源，但其活性，因時間之進行

而致毀滅。鐳和錒也發出相似的射氣，而錒和錒則否。

放射物質所發出的射氣，爲量極小。一九〇四年，藍姆塞 (Ramsay) 及梭德從溴化鐳數克得到一個很小的射氣泡。但在一般情形下，其量之微，遠不足以影響一抽空器內的壓力；或除利用其放射性而外，亦不能以他種方法偵察之。普通所得到的，爲它與大量空氣的混合物，而且只能與空氣同時由一器輸入他器。

居禮夫婦於一八九九年發現，若以一桿暴露於鐳的射氣，則此桿自身即將獲得放射性質。盧塞福在同年於鈾亦得同樣結果，而且更究其詳細。若將桿自盛有射氣的器內取出，而塞入檢驗筒內，則此桿即可使筒內氣體游離。若將暴露於鈾射氣而得有放射性的鉛絲，用硝酸洗滌，鉛絲的放射性，不受損失。但若用流酸或鹽酸洗滌，則其放射性遂幾全部喪失。將酸蒸乾，則得含有放射性的渣滓。這些結果，表明鉛絲的放射性，是因積有某種放射的物質而來，此種放射物質，與各種化學試劑，有其不同而一定的反應。以當日所得的結論觀之，此種新的放射物質，當可認爲產生它的射氣分裂的結果。鈾 X 放射性的衰變的速率，曾於一九〇二年爲盧塞福及梭德所研究，而得有重要的發現，即每一短時程中的變率，與此時程中最初所有放射性的量成比例。鈾 X 也表現相似的現象，(註一五)其過程有如第十圖所示。這與一化合物以分子單位分解爲較簡單產物時，其量的減少同一定律。但若兩個或更多的分子互相反應所起的化學變化時，則遵從的定律亦不同。

一九〇三年，居禮及拉波爾德 (Laborde) 曾注意一驚奇的事實，即鐳的化合物的永恆發熱。他們從實驗結果，算得每克純鐳，每小時可發熱約一〇〇卡洛里。嗣後的結果，證明一克的鐳，與其產物平衡時，每小時發熱一三五卡洛里。這熱能發出的速率，不論置鐳於高溫或液體空氣的低溫下，都不改變，甚至在液體氫的溫度下，也不至減小。

熱能的發射，盧塞福認爲與放射性有連帶關係。喪失了射氣的鐳，如以電的方法測量之，其放射

性的恢復與其發熱本領的恢復同一速率，而其分開的射氣，亦表示所發熱量的變更，與其放射性的變更相對印。放射物質的電的效應，主要來自 α 射線，而其熱的效應，亦主要以其 α 射線的發射為定。在上述的每小時一三五卡洛里中，只有五卡洛里來自 β 幅射，六卡洛里來自 γ 幅射。 α 與 β 射線的熱的效應，顯然得自射出質點的動能。

鐳的化合物繼續發熱的發現，引起了許多嘗試，去解釋此顯然永無竭蹶的能量的供給泉源，而集中其注意力於放射問題的本身。

需要解釋的事實，可以總歸到下列幾點：(一)有放射性，就有化學變化，而產生新的體素。(二)此種化學變化，為各個質點的分解，而非其化合。(三)放射的性能，與放射元素——不論其為自由的或化合的——的質量成比例。由此可知分解的質點，非為分子而為原子。(四)其所放出的能量，為已知化學反應中最猛烈者的數千倍。

一九〇三年，盧塞福與梭德自其對於射氣及其遺留放射物實驗的結果，曾創一學說，謂放射性能，乃原於元素原子的爆炸分裂，來解釋所有已知的事實。在數百萬個原子中，這裏一個，那裏一個，忽然爆裂，射出一個 α 質點或一個 β 質點與一 γ 射線，而所遺留者為另一不同的原子。若射出的為一 α 質點，則此新元素的原子量將較小，而所小的數，等於一氦原子所有的四單位。

茲以鐳族的系譜為例。其已知最先的祖體為鈾，乃一原子量為二三八而原子序數為九二——此數

放射性(相當正常放射性的百分數)

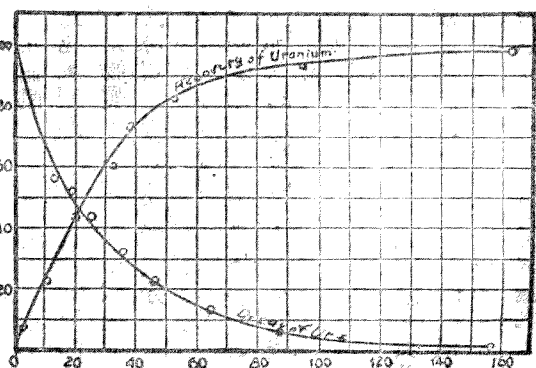


圖 十 第

後當說明爲原子外部的電子數目——的重元素。鈾的後裔見下表：

鉛	錫	錳	鎳	銅	鋅	鎳	鎳	鎳	鎳	鈾	鈾	鈾	鈾
	(錫) ←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←
序	序	序	序	序	序	序	序	序	序	序	序	序	序
數	數	數	數	數	數	數	數	數	數	數	數	數	數
原	原	原	原	原	原	原	原	原	原	原	原	原	原
子	子	子	子	子	子	子	子	子	子	子	子	子	子
數	數	數	數	數	數	數	數	數	數	數	數	數	數
衰	衰	衰	衰	衰	衰	衰	衰	衰	衰	衰	衰	衰	衰
變	變	變	變	變	變	變	變	變	變	變	變	變	變
期	期	期	期	期	期	期	期	期	期	期	期	期	期
放	放	放	放	放	放	放	放	放	放	放	放	放	放
射	射	射	射	射	射	射	射	射	射	射	射	射	射
物	物	物	物	物	物	物	物	物	物	物	物	物	物
82	84	83	82	83	82	84	86	88	90	92	91	90	92
208	120	210	210	214	214	218	222	226	230	238	234	234	238
每 數 年	136 日	5 日	35 年	19.7 分	56.6 分	3.05 分	3.82 日	1590 年	2×10^8 年(?)	2×10^8 年(?)	1.17 分	24.5 日	5×10^8 年
	α	β, γ	β, γ	α, β, γ	β, γ	α	α	α	α	α	β, γ	β, γ	α

鐳原子放射一個 α 質點，即一質量為四而陽電荷為二的氦原子後，所遺下的為一鈷 X_1 原子，其原子量為 $388 - 4 = 284$ ，而原子序數為 $92 - 2 = 90$ 。鈷 X_1 ，所放射的僅為 β 與 γ 射線。 β 射線的質量很小，而載有一個陰電荷，故其所變得的子體所帶鈷 X_2 者，較鈷 X_1 少一陰電荷，換言之，即多一陽電荷，因此其原子序數為九一。其原子量實際上沒有變更，而仍為二三四。鈷 X_2 亦祇放射 β 及 γ 射線，所以其子體鈷 X_3 的原子序數為九二，而其原子量亦為二三四。

這樣照表中所示例推，凡一 α 射線放出後，則產物的原子量減少四單位，其原子序數減少二單位。若放出的為一 β 射線，則重量幾無改變，而其原子序數則增加一單位。

鈷族的最後子體為鉛，其原子量曾為李卡慈(Richards)及侯尼徐密特(Hönigschmid)所測量，為二〇六，而普通鉛的原子量為二〇七。鈷族的最後產物，亦已證明為鉛，其原子量曾為梭德所測量，為二〇八。阿斯頓更測量得銅鉛的原子量，有正常的數值二〇七。這三種鉛，具有全等的化學性質，而可認為同位素。它們似為所有自然界的同位素中，惟一分別存在的例子。

原子學說，雖為多爾頓的化學工作所建立，但是百餘年來，迄未能指示單獨原子存在的表證；它們只能以成萬成億的數目，得到統計式的處理。而今則放射現象，竟能使追溯單獨 α 質點的踪跡成為可能。若魯克斯以一硫化鋅的螢光幕，暴露於一小點溴化鐳，而用一放大鏡觀察幕上的閃爍。此為最初的嘗試，而今則更有其他的偵察方法了。

一氣體在幾個毫米水銀柱的氣壓下，若施以一比較激放火花恰好更小的電場，則將入於非常靈敏的狀態。一個 α 質點，因擁有巨大的速度，即將與氣體分子碰撞，而產生成子的游子。這些游子，因受強烈電場的作用，遂進行其急速運動，由碰撞而又產生其他游子。因此一個單獨 α 質點的總效應，遂被擴大，而可使一靈敏的靜電計的指針，在標度上投擲到二十毫米更大的轉動。盧萊福用一極薄的放射質膜，使指針的轉動，減少至每分鐘三四次，而點數其射出 α 質點的數目，由此可以估計鐳

的壽命。計算證明錯的質量，約在一千六百年中，將減少一半。

另一方法，爲威爾遜所發明。當質點射過爲水蒸氣所飽和的空氣時，產生的遊子形成水蒸氣凝結的核心。因此空氣中呈現霧的路徑，表示每一質點的行程。而此種霧的路徑，可以照相法記錄之。

盧塞福對於放射物質的工作，最後表示了物質蛻變——中世紀變金術者的夢想——的可能。惟在最近以前，此種變化既無法使之加速，更不能與以調節。它們的發生，全視原子內部的機遇，而其發生的頻率，確合乎熟知的或然率的定律。但在一九一九年，盧塞福發現：可以射線的撞擊，引起數種元素如氮等的原子蛻變。氮的原子量爲十四，其原子爲三個氦核（共重十二）與兩個氫核所組成。當氦爲質點所撞擊時，其原子遂被擊破，而其組織中的氦原子核，即以高速射出。這裏我們可以看到用人力把原子任意分裂——單向的蛻變——的可能。然而破壞容易，建造爲難，這並不是說，我們將能從輕而簡單的原子的建造而複雜的原子呀。的確，近代天文學的證據，正表明物質演化的或然路徑，是朝向一方的，乃自複雜的原子分裂爲簡單的原子的及輻射。我們雖可以促進一兩個原子的分裂，但欲逆轉宇宙的程序，似不可能。

蘭根所發現的X射線，既不像普通光一樣的可使屈折，其單向反射或偏極，亦很難於觀察；同時也不像陰極射線或 α 及 β 質點，能爲磁場或電場所偏轉。因此它們的本性，曾爲各方討論的題材。直至一九一二年，勞愛 (Lange) 才倡說：若X射線爲波長甚短的以太波，則晶體中各原子有規則的排列，或可以如刻有許多平行線痕的平面，用作使普通光繞射的光柵一樣，使X射線繞射。勞愛求得其複雜的數學理論，而弗立得立希 (Friedrich) 及克平 (Kipping) 則以實驗證明之，甚爲成功。由是始知X射線爲較光波更短的電磁波，而此發現，遂展開了一個晶體構造研究的新場地——一個主要爲威廉·布拉革爵士 (Sir William Bragg) 及其子 W. L. 布拉革所耕闢的場地。他們最初以岩鹽——一個簡單正方形晶體——實作驗，從此種繞射現象求得與岩鹽天然晶面平行的原子面間的距離爲

X射線與
原子序數
(註一六)

2.51 × 10⁻⁸ 釐米，而由陽極射線撞擊鋇靶所發生之射線的波長為 0.570 × 10⁻⁸ 釐米，僅合鈉光波長的萬分之一。現在已經知道的輻射，從無線電中所用的長波，至 X 及 γ 射線的短波，包括大小頻率約至六十個倍頻率 (octave) —— (譯註：即六十翻或 2⁶)。其中可見的光所佔者，約僅及一個倍頻率。

威廉布拉革爵士，摩斯勒與 O. G. 達爾文以及 G. W. O. 刻德 (Kaye) 的工作，證明以晶體為光柵所生之射線的繞射光譜，包括某限度內所有波長的漫射 (輻射) 的混合體，加上所謂『譜線』的某種一定頻率而更強的輻射。此種標識線輻射 (characteristic line radiation)，與可見光境內所得的線光譜，同樣是繞射現象的結果；而極端重要的發現，遂由此為牛津大學一青年學者 H. G. 摩斯勒於一九一三年及一九一四年所得了。(註一七)不久以後，摩氏即死於歐戰，為物理科學中莫大的損失。

摩斯勒將陰極射線所撞擊的靶，自一種金屬換至他一金屬，而將每一金屬靶所生的 X 射線的光譜，以亞鐵氰化鉀 (Potassium Ferrocyanide) 晶體作光柵測量之，即發現光譜中標識譜線的振動頻率，也因金屬的變換，而發生一簡單的改變。表示 X 射線光譜中最強譜線每秒鐘振動次數 ν 的平方根，依照週期表從一個元素到下一個元素，其增加的數均相等。若將 ν 乘以一常數，而使此有規則的增數成爲單位，則我們便得到從鋁的十三到金的七十九，所有已經測量過的固體元素有規則排列的原子序數。今若將其已知的元素填入，則我們可知從氫的一到鈾的九十二，只有兩三個空位，留作尚未發現的元素。

元素表

原子序數	元素符	號原	子量
1	氫	H	1.008
2	氦	He	4.00
3	鋰	Li	6.94

21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4
釷	鈣	鉀	氫	氯	硫	磷	矽	鋁	鐵	鈉	氖	氟	氧	氮	碳	硼	鈹
Sc	Ca	K	A	Cl	S	P	Si	Al	Mg	Na	Ne	F	O	N	C	B	Be
四四·一	四〇·〇七	三九·一〇	三九·八八	三五·四六	三二·〇六	三一·四	二八·三	二七·一	二四·三二	二三·〇〇	二〇·二	一九·〇	一六·〇〇	一四·〇一	一二·〇〇五	一一·〇	九·一

39	36	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22
釷	錒	釷	釷	溴	硒	砷	鎘	鋅	鋅	銅	鎳	鎳	鐵	錳	鉻	鈦	鈦
Y	Sr	Rb	Kr	Br	Se	As	Ge	Ga	Zn	Cu	Ni	Co	Fe	Mn	Cr	V	Ti
八八·七	八七·六三	八五·四五	八二·九二	七九·九二	七九·二	七四·九六	七二·五	六九·九	六五·三七	六三·五七	五八·六八	五八·九七	五五·八四	五四·九三	五二·〇	五一·〇	四八·一

57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40
銲	銻	鎘	氙	碘	碲	銻	錫	銦	銻	銀	鉑	銦	銦	銦	銦	銦	銦
La	Ba	Cs	Xe	I	Te	Sb	Sn	In	Cd	Ag	Pd		Ru		Mo	Nb	Zr
一三九·〇	一三七·二七	一三二·八一	一三〇·二	一二六·九二	一二七·五	一二〇·二	一一八·七	一一四·八	一一二·四〇	一〇七·八八	一〇六·七	一〇二·九	一〇一·七		九六·〇	九三·五	九〇·六

75	74	73	72	71	70	69	68	67	66	65	64	63	62	61	60	59	58
	鎢	鉭	鈦	鈮	鎳	鈷	鐵	鈷	鎳	銅	鎳	鎳	鎳	鎳	鎳	鎳	鎳
	W	Ta	Hf	Lu	Yb	Tm	Er	Ho	Ds	Tb	Gd	Eu	Sm		Nd	Pr	Ce
	一八四·〇	一八一·五		一七五·〇	一七三·五	一六八·五	一六七·七	一六三·五	一六二·五	一五九·二	一五七·三	一五二·〇	一五〇·四		一四四·三	一四〇·九	一四〇·二五

一九二三年，康勃頓 (Compton) 發現當 X 射線為物質所隔散時，其波的頻率即變小。他拿放射

92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81	80	79	78	77	76
錒	釷	釷	錒	鐳	錒	釷	釷	釷	釷	錒	錒	錒	金	鉑	銻	錒
U	Pa	Th	Ac	Ra				Po	Bi	Pb	Tl	Hg	Au	Pt	Ir	Os
二三八・二		二三二・〇		二二六・〇		二二二・〇		二一〇・〇	二〇八・〇	二〇七・二	二〇四・〇	二〇〇・六	一九七・二	一九五・二	一九三・一	一九〇・九

的光子 (photon unit) 說來解釋這個效應，與質量或電荷的電子及質子相當。一個電子在原子軌道中運動，自然將使它發射能量。依照牛頓的動力學，這個效應，將使其軌道縮小，因而更加速其轉動的週期及其發出的波的頻率。在這個過程的所有階段中，都可有原子的存在。所以所有光譜，都應含有一切的頻率，而不該如我所見許多元素的線狀光譜，祇含有某幾個一定而不變頻率的輻射。

即在白熾固體的連續光譜內，能的分佈，也非均勻，而在某段頻率範圍內達其最高值。這個輻射能最高的境段，隨溫度的增高而沿着光譜由紅至紫移位。這些事實，欲以原子或電子輻射的老學說與以解釋，似甚困難。數學的計算，的確表示頻率高的振子 (oscillator)，該比頻率低的發射更多的能量。所以可見的光該比不可見的紅外線，常發較多的熱，而紫外線所發的熱又該比可見的光所發的更多。所有這些都是與熟悉的事實相反的。

爲解決這些困難，勃蘭克 (註一九) 曾於一九〇一年創設了『量子論』 (‘Quantum Theory’)，說：輻射非爲連續的，而亦與物質相同，祇能用個別的單位體或原子與以處理。這些單位的吸收與發射，遵照着或然率的原則，此原則如前數章所述，固已在物理及物理化學的其他部分中，應用甚多者。輻射出來的能量，單位大小，並非全等，而與振動的頻率成正比。所以要輻射高頻率的紫外線，必須振子擁有大量可用的能。(譯註二) 因爲振子擁有這樣大量能的機械會很小，所以其輻射的機會及其發射的總能量也就很小。反之，頻率低的輻射，是以小單位射出，故振子擁有此小單位能的機會較大，而其發射的單位也就較多。但因其單位甚小，故其總能量亦甚小。祇有在某段適中的頻率數值內，單位大小適中，機會也不小，則輻射的數目可以相當大，而其總能量遂得達其最高值。

要解釋這些事實必假設勃蘭克的能量子。是與頻率成正比。換言之，必與振動週期成反比，因此我們有：

$$E = hu = \frac{h}{T}$$

式中 ν 爲頻率， T 爲振動週期，而 h 爲一常數。故勃蘭克常數 h ，等於能與時之積 $e \cdot T$ ——一個波稱爲『作用量』(Action)的數量。這個恆值的作用單位，當然不隨頻率而改變，甚且不隨任何變值的東西改變。這是個真正的天然常數，正如物質的天然單位，以及從電子中求得的電的單位一樣。

一個專爲某部事實所創設的理論，儘可與以調整，使其與這部事實相適合。但不論其適合得怎樣好，以及其形式的怎樣新穎，若謂此理論便能普遍的適用，則證據未免尙欠充足。然若一套完全不同的現象，都可以用同一的理論去解釋，尤其是這些現象尙無其他合理的解釋時，則此證據的價值，必大爲加強，而使我們相信，我們可以依賴此理論去調合更多的關係了。

勃蘭克的學說，本爲解釋輻射的事實而設。因其與傳統的動力學有相抵觸之處，故一般學者雖非懷疑，而以審慎態度視之亦屬當然。但當其爲愛因斯坦(註二〇)冷斯特(Narnst)與林德曼(Lindemann)，(註二一)尤其是德拜(Debye)，(註二二)用以解釋比熱現象後，它廣大應用的可能性，遂大見增高了。

普通的氣體動力論說：固體中單原分子(monatomic molecule)的原子熱，應爲氣體常數(gas constant)的二倍，或約爲每度六卡洛里，而且此數不受溫度的影響。金屬是含有單原分子的，其原子熱在普通溫度下，確近常數，而等於六。然若溫度太低，則其值遂亦減小。

對此現象作首次成功的解釋的，爲愛因斯坦。他指出：如果能量祇能以一定的單位或量子而被吸收，則吸收的速率，必隨單位的大小而改變，因此必隨振動的頻率及溫度而改變。德拜從量子論求得一與實驗符合的公式——特別顯著的例子是炭元素，其原子熱即使在普通溫度下，亦隨溫度而改變，而較金屬的數值小得多。

依照此量子論，光在發出及吸收的剎那間，既非弗勃斯納的穩定以太波，亦非馬克恩威爾及赫爾惹的連續電磁波。它好像是一團一團的微量能所組成的流。這些細團的能，幾可視爲光的原子，雖

與牛頓的微粒別類，而實與之相當。這個概念與干涉現象的調解，為待將來解決的問題。若將一道光錐分為兩道，而使此二者經過長短不等的路程，則此二程雖相差至數千個波長，但在此兩道光錐的會合處，即可見干涉的條紋。又自一大望遠鏡中所見從星影得來的繞射格式，表明每個原子所發的光，都充滿着物鏡 (Objective lens) 的全面。這些事實，都是從前用以證明光乃以穩定的波列 (wave train) 前進的。這些波列分布在數千個波長的距離，而且橫向擴散，至足以充滿望遠鏡全面的空間。

然今若使此同之星上的光，落於一鈹的薄膜上，則被此光所打出的電子，每個都擁有與該光相當的量子的能。這裏，光的行動，不像是波，而像是能量集於一處的槍彈，距離增大，則同一面積上所受到的槍彈必減少，但是槍彈衝擊的動量，還是相等。此外關於光的舊學說，更有一疑難，係原於以X射線使氣體發生游離現象而生的。如果波排 (wave-front) 是均勻的，則波排對於其行程上所遇到的分子應發生相同的效應。但是實際上每百萬個分子中，或者只有一個被游離。要說這是因為祇有極少數的分子不穩固，我們固有許多理由證明此說的不確。在若干解釋中，J. J. 湯姆孫說此種現象，乃因X射線及光並不依寬廣的波排前進，而乃沿局部的以太細管 (localized filament)——法拉第的力管 (Faraday's tubes of force) 而前進之故。

及至量子論出世，更以其他方式，說明光非連續的。湯姆孫曾設想『光為質點所組成，每一質點為一電力的圍圈，而隨着一列的波，』來解釋所有的事實，而調和各衝突的觀點。布羅格利伯爵 (Duc de Broglie)，則引用更近代的概念，創設一學說，把波與微粒的性質，用數學聯繫起來，而做成波動力學的一新形式。一個運動的質點，性行恰如一個波羣。波羣的速度 v 及波長 λ ，與質點的速度 v 及其質量 m 的關係，為 $\lambda = \frac{h}{mv}$ ，式中 h 為勃蘭克常數。波的速度 [即波的相速度 (phase velocity)]

(譯者註)，為 c/v ，式中 c 為光的速度，而 v 為質點及波羣的速度。至此我們不能不注意到這些近代

的光的學說，與牛頓設想的微粒和波的合體的相似之處。

近世的原子學說，開端於一八九七年各元素共有的陰電微粒的發現，與此微粒即為電子的證明。這個發現，更能使原子之所以有電的性質，乃因其所含電子多於或少於其正常電子數目的解釋；以及其所以有光學性質，乃因其電子振動的解釋，更為清晰。

倫納德 (Lenard) 早期的觀察，表明陰極射線，能通過真空管上的鉛窗而至管外。這使他於一九〇三年以吸收的實驗，證明高速的陰極射線，能通過數千個原子。照當時盛行的半質主義者 (semi-materialist) 的看法，則一原子的體積的大部，必為未被佔住的空間，而實在的物質，僅為其全部的 10^{-9} (或百萬萬分之一) 而已。倫納德設想這些『實質』(“solid matter”)，為若干陽電與陰電合成的偶體 (doublet) 所組成，而散處於原子中的空間。

這個關於原子所需陽電來源的說法，頗難滿意。於是湯姆孫乃作一個關於原子機構更有系統的描敘的嘗試。

湯姆孫以為每個原子，含有一個均勻而陰電子繞行其中的陽電球。他隨着阿爾佛勒，美耶爾 (Alfred Mayer) 所作浮着的磁石平衡的研究，證明若電子數目不超過某限度，則這些轉動電子所成一個圈，必能穩定。若電子數目超過此限度，則將列成兩個圈，如此類推。所以電子的增加，遂的可產生構造上週期的相似性，而孟得勒夫週期表中各元素的物理性質及化學性質的循環，似可得了解釋了。但是，一九一一年，射線撞擊物質，而致散射的實驗，使盧塞福對於原子的內部性質，採取另一觀點。質點的霧跡，通常多為直線，但間亦有突變其方向的。陰電子所加諸質點的力，勢必甚小，而不能產生此種散射。但若假設原子為一個鬆曠構造的複雜體，含有一凝聚為一小核的陽電荷，而其陰電子在空間繞之轉動，則上述效應，遂可與以解釋。因為正常的原子為中性，所以核中的陽電荷，必與所有電子上的電荷之和，量相等而性相反。又因電子的質量，遠小於原子的質量，所以原子

的質量，幾全部凝聚於原子的核。

在此說形成時的一般觀念，以為原子好似一個太陽系，質重的核或太陽，為其中心，而質輕的，如行星的電子，繞核轉動。長岡 (Ziegler) 於一九〇四年，曾研究一類似系統的安定性。然而以實驗證實此觀念的，盧塞福却為第一人。倫納德對於陰極射線的工作，以及後來其他工作，表明若假設原子類似於一以電子代行星的小太陽系，則原子中空的空間，照比例說，亦必如天空中空的空間那末大。在這個行星式的電子學說中，我們的意識所受牛頓式物理學的預示，或已使我們超過事實所能保證的地步。但是單就陰放射線與放射質點的貫穿性來講，原子確是一個很鬆曠的構造。

一個行動的電荷，攜帶着一個電磁力場。因它擁有能，故亦必擁有慣性。所以一個電荷，賦有一個類似質量的東西。的確，這東西與質量無法區別，而或即我們所謂物質中『質』的真義。今若以電荷為中心，畫一小球，以代表一個電子，則電磁質量，即存在其外而可計算之。J. J. 湯姆孫以數學分析，求得：除非電荷是在以極大的速度行動，否則，其電性質量 (electric mass) 為 $2e^2/3r$ ，式中。為電荷， r 為其半徑。因此，若假設所有的電磁能，都在電子之外，則自己知的質量及電荷，遂可計算其半徑了。這樣算得電子的半徑，為 10^{-13} 釐米。若將電子縮小，換言之，若將電荷凝聚，則其有效質量亦增大。與電子相當的陽性單位，即氫的原子核，通稱之為『質子』(“proton”)。它的質量，實際即為該原子的質量，等於陰電子質的一千八百倍。是以若假設所有的質量，都是電性的，而原子核為圍着一個點狀陽電荷的球，則原子核的半徑，將僅為電子半徑的千八百分之一，或約為 5×10^{-14} 釐米。但在此須鄭重聲明的，即此種估計，係根據於一個任意假設的電荷分布，至今（一九二九年）固已深知其可疑了。

不管這裏所論『大小』的意義若何，不管行星式的理論能否成立，我們必須認氫原子為一個單位的陽電核，與其外圍的一個陰電子所組成。氫的原子核，為四個質子，及兩個與之緊連的電子所組

成。因爲氫的原子量爲一。○〇八，而氦的原子量，如阿斯敦所測量者，爲四。○〇二，所以這個複核的的合成，含有一個質量的消失： $4 \times 1.008 - 4.032 = 0.03$ ，及其相當的能的發射。重原子如鈾等的放射性分裂，放出能量。因此我們一直以爲所有原子分裂時，都能產生能量。但是這裏的推論，却表明氫的分成氫，倒要吸收能量——即欲使氫分裂，必須外加工作。由此可知，輕的原子核，合成時放出能，而重的原子核，則分裂時放出能。這就可以解釋：爲什麼重的原子有放射性，而自然界沒有比鈾更重的原子的存在，或因其太不穩固了。（註三）因爲 α 射線是飛行的氦原子羣，故氫原子或爲組成其他較重原子的體素。至於氦原子本身，雖爲四個質子，或氦核所組成，但其結合甚爲牢固，即使在 α 質點的冒險生涯下，亦不能使之分離。所以其他的原子，或爲若干陽電單位——大概是氦核，有時是質子——與若干較少數目的陰電子結成的複核所組成。因爲核中電子的數目較小，故核上呈現一純淨的陽電荷 $+$ ，是爲摩斯勒的原子序數。其餘的電子，存在於此核心的外圍。因爲在中性原子內，這些外圍電子所荷的陰電總和，必須與核上的純淨陽電相中和，所以 $-$ 亦遂代表中性原子外圍電子的總數。

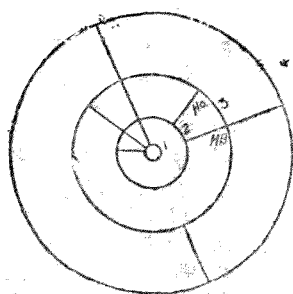
因爲原子可被電離，而依其化學價的大小，可與以一個二個三個或甚至四個單位的電荷，所以在一個原子上可以加入或減去少數的電子，而對其性行無基本的改變。我們可以假設這些電子，位於原子的較外圍；有些其他的電子，在其較內圍；更有些其他的電子，則成爲原子核的主要，而普通爲其穩固的部分。

我們前已說過，多數的放射變化，都發射 α 質點。而 α 質點爲帶有兩單位的陽電荷，與質量爲四的氦原子。所以這種變化，一定是原子核的崩潰變化。變化後的餘物，質量較原有者少四單位，而且變化時，必同時放出兩個陰性電子，以得回復其中性狀態，結果，遂成爲一個新的原子，新的元素。

(Chester) 的盧塞福實驗室工作時，首次以勃蘭克的量子論應用於原子構造的問題。波耳的工作，係以當時物理學家所公認的行星式電子論為根據。

當時已經知道：如果我們不用光譜中譜線的波長，而考驗其在一厘米中的波動數目，則可知氫的複雜的光譜，呈現若干規律；即這種所謂振動數 (vibration number)，可以兩個『項』的差數表之。其第一項，以其發現者之名名之，稱為黎德堡常數 (Rydberg's constant)，為每厘米中 109,678 波動數。(註二四)

不過，這些關係，是從經驗得來的，是以算術方法拼湊，而至適合於實驗的結果求得的。但是現在，波耳能以量子論與以解釋。他指出：如果『作用量』(“action”) 只能以單位的整倍數被吸收，則一個電子可以轉行的所有軌道中，只有若十個是可能的。在其最小的軌道上，作用量為一個單位或 h 。在其第二個軌道上，作用量為 $2h$ 。如此類推。



波耳假設：氫原子的一個電子，有四個可能的安定軌道，相當於作用量以單位數的遞增，如第十一圖所示。圖中圓圈，表示這四個安定軌道，而其半徑，表示電子從一個軌道，跳至另一軌道的六個可能的跳法。這裏，波耳拋棄了牛頓式的動力學，而其間之可與注意者，即平方反比律既可應用於電子——假設電子在繞原子核的軌上轉動，但是這些軌道之間，又表現十分新奇的關係。一個行星，可以在無窮個軌道的任何一個上，繞着太陽轉動。至其實際的路線何如，則以適合於其速度為定。但是一個電子，波耳假設只能在幾個軌道的一個上轉動。它若離開

一個軌道，則必須立刻而顯若不經過二軌道間的空間似的，跳到另一軌道。這個假設得到理論的結果，與實驗所建立關於振動數的經驗定則，精確的符合。(註二五) 尤有進者，從此更可計算常數 R 的絕

對值，爲每厘米 109,800 振動數，與上面所給最近測量的黎德堡常數的數值，非常符合。在此階段波耳學說，表現有永久而成功的希望。

各式各樣的輻射，可以原子構造的各部與以說明。X線光譜，大都不受溫度或原子的化合狀態的影響；而普通光境的光譜 (optical spectra)，(譯註三)則與此二者有關。放射現象，如前所述，乃於原子核的爆裂。我們現在所得的證據，表示X射線發於原子核外的內層電子，而『普通光』(譯註三)則發於最外層的電子。這些外層的電子，比較易於脫離，而與凝集力及化學作用頗有關係。

若假設一個或更多的電子，同時屬於互相化合的二原子，則可與化合作用以很好解釋。但若以繞原子核而轉動的電子學說來代表這種作用，則未免困難。因此在一九一六年至一九二一年間，有人，特別是柯塞爾 (Kossel)，路易斯 (Lewis)，及藍穆爾 (Langmuir)，試行臆造靜止的原子模型。這種模型於原子價及其化學性質的解釋，頗有成就。但欲賺得光譜的闡明，則不得不創設強牽附會的假說了。無論如何，當時的物理學家，總是偏向於波耳的動力的原子。

無論承認那一種原子模型，我們在游離電位 (ionization potential) 的事實上，確已爲能階的基本觀念，得到了強有力的證據。倫納德於一九〇二年，首次證明：一個電子於經過一氣體時，必擁有一定量的最低限度的能，方足以產生游離作用。這最低的能量，是以電子於獲得其某一速度以前，所必須經降的電位的伏打數目來測量。而最近的實驗結果，如佛蘭克 (Frank) 與赫爾茲對於銻蒸氣的實驗 (一九一六——一九二五年)，曾證明：當電位達到某一定量的伏打的倍數時，游離作用很清切的達到其最高度，氣體的光譜也同時發生變化。例如佛蘭克與赫爾茲，求得其速度爲四·九伏打時，所產生的電子，使低壓的銻蒸氣發出一條譜線的光譜。這條譜線，可設想爲相當於波耳原子中電子自第一個外層回到正常狀態的回跳。自是以後，許多臨界電位 (critical potential) 正如波耳學說所預示的，已爲若干忽然出現的某條譜線，或某羣譜線求得了。溫度及壓力對於光譜的影響，亦曾爲薩哈

(Saha)、羅塞爾 (Russel)、佛萊 (Fowler)、密爾勒 (Milne) 等所研究。他們以熱力學的方法，應用此種新概念。所得結果，在天文物理學上最爲重要，而於恆星溫度的測量，開闢了新途徑。

第十一圖所示的圓形軌道，僅與氫原子一個初步的模型。波耳及桑茂非德 (Sommerfeld)，都會證明橢圓軌道，亦可產生相同的系光譜 (series spectra)。二氏亦曾研究其他更爲複雜的原子系統，唯數學上的困難頗大，因三個互相吸引的物體，尚不能以有限的項數與以演述。

關於波耳原子的文獻很多，改述亦甚不少。其結果，與光譜的較粗結構之大體相合，很足以使人相信此學說在正確的途徑上前進。但是，這學說雖已闡明氫及游離氮的線光譜，然不能解釋中性氫原子光譜的精細結構，以及較重原子的所有的複雜性。至此，譜線的數目，與電子自一能階至另一能階的可能『跳』數，失其符合。於是一時極爲成功的波耳原子學說，漸露破綻，至一九二五年，遂很明顯的無法支持了。

波耳的原子模型，及其如行星轉動的電子，已自觀察的事實，推演到超乎安全的境界。我們只能在原子外面考察原子，注意着進去的與出來的東西，如輻射或放射質點等。波耳所演述者，無論如何，爲產生數種原子性質的一種機構。但是他種的機構，或亦有同樣功效的可能。正如我們若僅見一時鐘的外面，則我們可想像一套推動其指針的齒輪，使其指針的轉動與我們所見者相同。但是另一人亦可想像另一套齒輪，與我們所想像的有同等的效力。二者之孰是孰非，固無人可與斷言。偉大的熱力學僅討論一系統中熱與能的變化，亦未嘗利用如原子觀念所與內幕機構的圖象。

海森堡 (Heisenberg)，於一九二五年只根據可以觀察的事物——被原子所吸收及發射的輻射，曾創立一量子力學的新理論。(註二六)我們既不能指定一個電子在某一時刻所住空間的位置，或追踪其軌道上的行跡，則我們遂無權假設波耳行星式的軌道的確存在。基本而可以觀察的數量，爲發生的輻射的頻率與振幅，以及原子系統的能階。這些數量，乃此新理論數學演算的根據。此理論，已爲海森

堡，博爾恩 (Born) 及約爾丹 (Jordan)，且自另一觀點爲笛拉克 (Dirac) 所迅速推進，並且已證明其求得藍光譜的巴爾梅公式 (Balmer formula)，與觀察所得此光譜所受電場及磁場的效應了。

一九二六年，薛斐丁格 (Schrödinger) 從另一觀點來解決這問題。(註二七) 他緊隨着布羅格里對於相波 (phase wave) 及光量子的工作，求得一理論。此理論自『質點爲波動系統所組成，或謂質點就是波動系統』的觀點視之，在數學上實與海森堡的學說相等。(註二八) 運載此種波的的介質，假設有散射性的 (dispersive)，如透明物質之於光，或高空赫維賽層 (Heaviside layer) 之於無線電波一樣。所以週期愈短，則速度愈大，而二種不同的頻率，有同時共存的可能。

正如在水中，一個單獨的波的速度，與波羣或浪的速度，並不相同。薛斐丁格找出：計算兩個頻率組成的波羣的運動的數學方程式，與一擁有相當動能及勢能的質點的普通運動方程式相同。由此可知，波羣或浪以質點的形像呈現於我們，而頻率則以能的形像呈現。這立刻引到在勃蘭克常數 \hbar 中初次出現的頻率與能的常比關係了。

兩個振動極速，以至不能看見的波，可因其相互的干涉，而產生以光出現的『拍』(beat)，正如兩個音調相差不遠的聲音，可產音調比任何一個更低的拍一樣。在含有一質子及一電子的氫原子裏面，波須依照方程式的規定而存在。而薛斐丁格求得這些方程式，只有爲某幾個頻率——與觀察的譜線相同的頻率，方有解答的可能。在更複雜的原子方面，波耳學說已失其效用，而薛斐丁格則仍能求得頻率的正確數目，以解釋光譜現象。

若薛斐丁格的波羣很小，則無疑的可以指出其象跡——電子——的所在。但若波羣擴大，則電子可在波羣內部的任何一處。因此遂有所謂位置的不確定。這些原則，於一九二七年爲海森堡後，來更爲波耳所推廣。他們求得：若將一質點的位置規定得愈精密，則其速度或動量的測量，將愈不精密。反之，亦然。無論如何，我們對於位置的必然不確定，與對於動量的不確定相乘，約略等於量子的常

數₁。欲求二者同時確定的觀念，在自然界似屬無有。愛丁敦 (Edlington) 稱此結果為不確定原則 (principle of indeterminacy)，而認其為與相對論有同等的重要性。(註三九) 現在亦常稱此為不定原則 (Principle of uncertainty) 云。

新的量子力學，在習於革命的物理科學中，又掀起了革命。海森堡，薛斐丁格以及其他學者的數學演算，彼此相通。我們若認此等數學方程式為滿意，則對於這個學說自可有相當信心。但是求得此等方程式所用的觀念，以及有人給與它們的意義，則根本各不相同。我們很難希望這些觀念及意義可以長久維持，雖然代表它們的數學是個永久的收穫。

古典力學，已成爲量子力學的極限之部。古典力學之所以不能演繹原子構造者，乃因波長與原子的大小相近，正如當光柱的寬度，或其行程中所遇障物的大小，與波長相近時，則幾何光學中所謂的直線光柱，亦遂失其意義了。由此可知，欲將量子力學與古典動力學，與馬克思威的電磁方程式，以及與萬有引力的相對論相聯合，似亦不無可能。若此廣泛的智識的配合果能實現，則此學說將成爲自然科學中偉大的歷史綜合之一。

薛斐丁格的學說，必須與電子的實驗，同時並論。此等實驗，如布羅格里的學說所指示的，證明一個行動的電子，隨有一系波。湯姆孫的微粒，初則被視爲漫無構造的質點，繼則被認爲一電子，一個陰電子的孤立單位，不管其意義若何。但至一九二三年戴維森 (Davisson) 與孔思曼 (Kunsmann)，又一九二七年戴維森與荷茂爾 (Germer) (當時在美國工作)，使緩行的電子自晶體的表面反射，發現這些電子擁有波動系統的繞射性質。(註四〇) 一九二七年末季，J. J. 湯姆孫爵士的公子 G. P. 湯姆孫，曾以一狹小的電子射柱，通過一極薄的，比最薄的金葉更薄的金屬片。我們知道：質點之流，應在薄片後方的照片上產生一塊模糊的影像，而波長與薄片厚度相近的波，應產生明暗相間的圓環，與光線通過薄玻璃或肥皂膜所產生的漫射格式 (diffraction pattern) 相似。事實上，G. P. 湯姆孫所

得到的，確爲此種圓環。這分明表示一行動的電子跟有一列的波。此等波的波長，僅爲可見光的波長之百萬分之一，而與相當貫穿的X線者相近。(註三)

依理論，若電子跟有一列的波，則電子必須與此波協調振動。如是則電子亦必有其構造，即在實驗方面，亦決不能再是物質的，或電的最小單位了。於是更小部分的想像，遂以開始。數學的研究，表示電子的能與波的頻率成比例，而電子的動量與波長之積爲一常數。因原子中僅有某些波長及頻率的存在，故電子的動量亦只能有某些數值，並且不能連續的，而只能突躍的增加。這個非連續性的指示，使我們又回復到量子論。

G. P. 湯姆孫實驗的意義，包括電子之二元性質——一個質點（或電荷）與一列波。如前所述，薛婁丁格更進一步，將電子自身化分爲波的系統。於是在原子被分爲電子的二十餘年以後，電子又已被化分爲一未知的輻射之源，或一無體質的波動系統了。陳舊的，堅硬而有質量的質點殘跡，都已消失；而物理學的最後概念，似已完全納入於數學方程式了。實驗的物理學家，特別是英國的，對此種抽象，頗感不適；而設計原子模型，求以機械或電的術語代表此種方程式的意義之嘗試，已有出現。或者如 J. J. 湯姆孫所提示，當作一個質點與一列波的電子，只能以完全波長與一個原子相配合。(註三)這也許可以解釋它必須限制於少數軌道或能階之一，而使我們暫時回到古典的動力學。但牛頓早已見到，力學的最後基礎決非力學的。

光之傳播需要時間，乃丹麥天文學家奧勞斯，銳麥爾 (Olaus Römer)，於一六七六年首次據觀測發現的。銳麥爾發現：木星的衛星之一，兩次被蝕中間所隔的時間，當地球背木星而行時較大，而當地球向木星而行時較短。他由此估計光的速度，爲每秒鐘一九二、〇〇〇英里。

五十年後，英皇家天文學者詹姆士·布拉得勒 (James Bradley)，從恆星的光行差，求得一致的結果。從位於地球軌道平面上的遠星看地球，好像每年左右擺動一次。在前後相接的兩個半年中，

它的擺動方向是相反的。若使此星射出的光錐打中地球，則必須此光錐描準在地球的些許前面，正如我們射擊飛鳥必須描準飛鳥的面前一樣。故若星的光錐現在射到地球真正位置的右邊，則六個月以後，必須射到它的左邊。這就是說：我們於不同時季，在地球上看見遠星射來的光錐，並非互相平行；而見此星當年季一週時，似在空間往返行動。從這個顯視的行動，可計算光的速度與地球在軌道上速度之比。

費佐 (Fizeau) 於一八四九年，首次應用地球上的短距離，作光速的測量。他將一光柱通過一齒輪上兩齒間之一凹處，再於三或四英里之外，用平鏡反射回來。若齒輪不轉動，則射回的光柱，通過輪上的同一凹處，而可在另一方面察見之。但若將齒輪急速轉動，而且調節其速度，則最後可找得一轉動的速度，使射回的光柱，適為其下個齒輪所阻遮。齒輪旋轉這個小角度所需的時間，即與光柱往返於齒輪及平鏡間距離所需者相等。

福柯 (Foucault)，曾設計一較好的方法，使從 S 縫射出的光柱略成會聚的形勢，然後以平面鏡 R 反射之，而定其焦點於凹面鏡 M 上。此光由 M 循原路射回。若 R 是靜止的，則 S 縫的影像將形成於 S 縫的本身。然後以已知的速度使 R 急速轉動，當光往返經過 R 距離時， R 鏡已轉過了一個小的角度，因此光的回程 RS 與 RS 不相疊合，而轉動了一倍於 R 鏡所轉的角度。然後將 S 至 M 的距離與以測量，而計算光往返於 RM 間所需的時間。

最近所得光速最精密的結果，為在真空內，每秒鐘 $186,326$ 英里，或 2.998×10^{10} 厘米，或忽去其千分之一以下的誤差，而書之為 3×10^{10} 厘米。

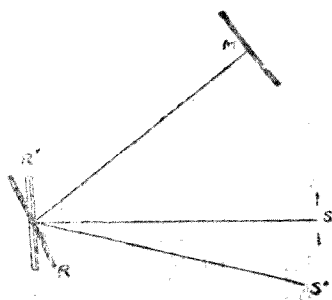
若自然界確有類似以太的東西存在，則它對於通過它的光所給與的效應，顯可用以決定其運動。若地球在以太中轉動，而不攪動以太，則地球與以太之間，必有相對運動。如是則光隨以太順行時，其速度必較其反以太而逆行時為大；而總算起來，它往返橫過以太之流時，亦當較其一次順流，一次

逆流者爲速。好像遊泳一樣，往返對岸一次，比較順逆均游相等距離者爲速。

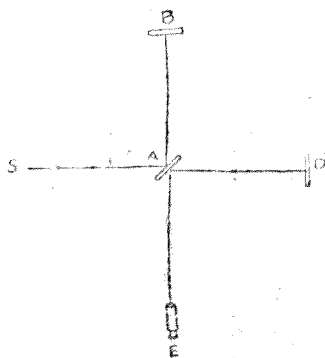
以上所云，即爲邁克爾森 (Michelson) 與摩爾勒 (Morley)

於一八八七年所作有名實驗的要旨。他們將儀器安置在一浮於水銀裏的石頭上，以防振動。光柱 SA (第十三圖) 行至玻璃片 A 時，一部爲其所反射，一部爲其所透射。這兩部的光，在 B 及 D 處更爲 BD 鏡所反射。若 $AB = AD$ ，則二者的行程亦相等，而在 B 處的望遠鏡內，必可察見其干涉效應。今若設想地球朝 MN 方向行動，而不曳以太與之同行，則以太將流通實驗室，亦若風之流過樹林，如是則將使光經過 ABA 與 ADA 兩行程的時間，發生差異，而所得的干涉條紋 (Interference fringes)，將與以太相對的靜止時所得者，不在同一位置。今若將此儀器轉動一直角，則 AB 成爲 (以太) 運動的方向，而 AD 與之垂直，如是干涉條紋應向相反向移動。移動的總數，爲上述者之兩倍。但是邁克爾森及摩爾勒並未察得干涉條的移動，因斷言地球與以太之間，並無可觀的相對運動。復行這個實驗的結果，證明在他們的假設下，這種相對運動，必小於地球在其軌道上速度的十分之一。地球似乎曳着以太同行云。

然而，在以光的行差計算光速時，我們曾假設以太不爲通過它的地球的運動所擾動。而且洛吉 (Lodge) 於一八九三年，在兩個帶着 (或超過) 最高安全速度而轉動的重厚鋼板之間，測量光的速度，亦未發現其有何改變。由此可見，如此大小的質量，並不曳



第十三圖



第十四圖

其鄰近的以太同行。如此則光行差的理論及洛吉實驗的推斷，似又與邁克爾森及摩爾勒的結果相反了。

當我們得到此種相反的結果時，若我們對於大自然的一致，仍維持我們的信念，則我們可以斷言：非我們的實驗，即我們對於內在原因的概念，有所謬誤；而觀念上一富有興趣而必要的改革，或即出現於我們的目前，惟視我們的能否領悟而已。

解決此矛盾的第一個有用的提示，為費茲格拉德 (G. F. Fitz Gerald) 所倡議，而復為拉摩爾及羅倫茲所發展。如果物質的本性原於電，或誠然物質以電力相結合，則當物質在有電磁性的以太中運動時，在其運動的方向上，或有收縮的可能。這種收縮除上述的光速的矛盾以外，將無法觀察；一則因其過小，再則因我們用以測量的尺度，本身亦受有同樣的收縮，以致在其運動的方向上，長度的單位亦較短。所以邁克爾森與摩爾勒的儀器，於轉變方向後，亦如是變更其大小，以致與地球行經以太所產生的干涉條紋的移動抵消了。

這必需的收縮，頗易計算。一物體在以太之流的運動方向上，將縮短至原長的 $\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{\frac{1}{2}}$ ，式中 v 為該物體與以太的相對速度， c 為不變的光速。

地球在其軌道上的速度，為光速的萬分之一。若在一年中的某時季中，此即為它經過以太的速度，則邁克爾森與摩爾勒的儀器於轉動一直角時，將收縮至二萬萬分之一，而此微量的改變，即足以解釋他們的結果。

此問題停頓於此處若干年。無論其原因何在，所有測量光速的嘗試，不管是與以太之流順行或逆行的，都得到相同的結果，即測得的速度，無可察的改變是也。

至一九〇五年，愛因斯坦教授對於此問題，從另一完全新的方面與以太考慮。他指出：絕對空間與

絕對時間的觀念，乃意想中的虛構——形上學的概念，非直接由物理學的觀察及實驗得來的。我們所能經驗的惟一空間，只是用一個尺度上二刻度間的距離所規定的長度標準來測量的。惟一時間，只是用對準天文事蹟的鐘來測量的。今若有如費慈格拉德收縮的變化發生於我們的標準上，則此變化將不能為與之同行而遭受相同變化的我們所覺察，但或能為其他動向不同的觀察者所測得。所以時間與空間，並非絕對的，乃是僅與觀察者相對的。

這樣看來，用任何儀器，及在任何情況下所測量光的速度恆等的事實，是無容解釋的了。這個結果，該認為新的物理學上最初發現的定律。這樣，可知時間與空間的特點，乃光對於任何觀察者恆以相同的測定速度進行。

這個測定的速度是恆值，但是空間，時間及質量個別測量時，都不表現我們慣於預期的常恆不變。邁克爾森及摩爾勒的儀器，從我們的常恆標準光的速度來測驗，並不於轉動時表現長度上的變化。但此乃因我們隨之行動之故。反之，若於一鎗彈飛過我們時，我們能準確地測量其長度，則我們應發現其較靜止時為短。且其速度愈近光速則愈短。

這個實驗頗難實行，但照相對論原理，易於證明：射彈的質量，對於靜止的觀察者表現增大，而且依照長度縮短的比例而增大。假設 m_0 為低速時的質量，則高速 v 時的質量為 $m_0 / \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ ，

式中。為光速。因此，速度為光速時，質量為無窮大。質量的改變，可以實驗證明之。測定以近於光速的速度經過我們的射彈的質量，真是近代科學奇蹟之一。爆裂的放射原子所射出的 α 質點，可以導經電場及磁場，由此可將其速度及質量與以測量，正如陰極射線質點的速度及質量之已被測量的一樣。設如命速度不大的 α 質點的質量為一，則下表第二行，為速度近於光速的 α 質點的質量（以相對論計算的），第三行為考夫曼用實驗測量得的它們的質量：

質點的速度

質量與緩行質點的質量之比

每秒鐘厘米數	計算的	實驗的
2.36×10^{10}	1.65	1.5
2.48×10^{10}	1.83	1.66
2.59×10^{10}	2.04	2.0
2.72×10^{10}	2.43	2.42
2.85×10^{10}	3.09	3.1

8. 質點爲陰性的電子，行動時即等於電流，所以它們能產生擁有能及慣性的電磁力場。其質量隨速度的增加，亦曾爲 J. J. 湯姆孫及塞爾 (Searle) 依此理論所計算，而獲得相同結果。所以質量的增加，亦如費茲格拉德的收縮，乃與電磁學說相符合。

且自相對原理觀之，質點與能本屬相當。一質量 E ，若以能量表之，則爲 E/c^2 ，式中 c 爲光速。此又與馬克思威爾的電磁波學說相符合。因照馬氏學說，則電磁波擁有等於 E/c 的動量 (E 爲其能量)，今動量爲 mc ，於是我們又得 $E = mc^2$ 的結果了。

由此可知，這些原理引到了新奇而意外的結果，如我們果能在一飛機（或一以太機）內，以近於光速的速度飛行，則我們在運動的方向的長度，如地上的觀察者所測得的，似已縮短，我們的質量，似已增大，而我們的時計，亦已較一般的變慢。但是我們自己對這些並不覺到。我們的尺或已收縮，但因我們四周的一切已收縮，所以我們不覺其變化。我們的法碼或已增加質量，但我們亦復如是。我們的時鐘或走得較慢，然而我們腦筋內的原子也動得較慢，所以并不知時鐘的較慢了。

但是因爲運動是相對的，地上的觀察者，也正以與我們對他們運動的相等速度，對我們運動。所

以若我們加以測量，則將發現他的尺度，質量及時間，也對我們表現變化，正如我們的之對他的表現一樣。他，自我們看來，似在運動的方向上，遭受了畸形的收縮；擁有一與其身體不相配合的質量；而在身心方面，遲鈍得可笑。但同時他也以我們對於他的一切觀感，在觀察我們。我們雙方都不覺得我們自己的缺陷，而對於另一方的悲慘變化，却看得很清楚。

我們不能說上述的觀察者那一個是錯誤的。的確，雙方都是對的。長度，質量及時間，並非絕對的數量。它們在物理學上的真正數值，就是測量所求得的。它們所與各個人不同印象的事實，正足以表示它們的意義，只能以相對於某一觀察者來規定。絕對長度，絕對空間，絕對時間，或甚至時間的流動等觀念，都是些形而上學的概念，遠超乎觀察或實驗的所表示或所能保證的。

雖然如此，如柏格森 (Bergson) 所指出，在哲學的意義上，或者只有生命的時間，一個與系統共同行動的人或系統內的人，用以測量該系統中事物進行的時間，方有其特殊的，惟一的重要性。但是在物理學的意義上，時間與空間，個別言之，則為隨觀察者的位置而定的相對數量。然而閔可斯機 (Minkowski) 於一九〇八年，曾經指出：時間與空間的變更，互相補償，故此二者的結合體，即在這個新世界中，對於所有的觀察者并無差異。我們慣於想像的空間，有長，寬，高三度，而依閔可斯機的指示，我們必須認時間為此『時空結合』裏的第四度，一秒鐘相當於一八六、〇〇〇英里（即光在此時間內所行的距離）。正如在攸克里得幾何的連續空間中，兩點的距離，無論如何測量都不變更一樣，在這個時—空的連續區 (continuum) 中，兩件『事蹟』 ('events') 可以說隔離着一個包括時間與空間的『間隔』 ('interval')，這間隔無論何人測量，均有其真正絕對的數值。我們覺得在這飄浮的世界中，這裏找得了一些固定的東西，因而試在此相對的領域內，更尋求能保持其絕對性的數量。在我們已知的數量裏面，下面所舉，仍屬絕對的數量：數，熱力學中的熵及作用量，即成爲量子的能與時之積。

在空間與時間分立的舊世界裏，人們慣以爲三度空間的全部，是於同時隨着時間過去的。所謂世界的過去者，似若以『現在的平面』，於同一的刹那間，伸展至空間的全部，把它與將來劃分。但自一六七六年，銳麥爾發現光是以有限的速度進行後，人們必已知道同時出現的星，實在過去時間內先後存在，而以其距離遠近的不同，故至今方同時爲人所見，這樣，『同時』的意義，遂已消失了。昔人信念中的絕對的『此時』(‘you’), 至此僅爲相對的『所見的此時』(‘you-see’), (‘you-see’)了。

科學中最近的發展，已將此相對觀念增強。假設有一以光速行動的旅行者，遊歷諸星，而在一年以後，重返地球。我們於注視其飛行時，即將覺其質量似大至無窮，而其腦筋的反應慢至無窮。我們覺到長了一歲，而他則以爲時間毫未過去，他猶停留於我們去年的『此時』。由此可知，劃分過去與將來，而爲所有地區，所有人類所見均同的平面一類的觀念，必須與以擯棄。自愛丁敦所說的『此地——此時』(‘here now’)的一點，畫出『所見的此時』線，經過空間，使與以光速爲切線的時間坐標成一角度，(註三四)在這樣所得的三度面(一個類似雙錐形或二度面的沙漏時計的曲面)內的任何一處，我們可以找到一絕對的過去，與絕對的將來。在此以外，則任何一觀察者所認爲非同時存在的事物，亦能同時存在。將過去與未來分開的劈形中立區，可名之爲絕對的現在，或絕對的所在，須視我們以時間或以空間之術語出之以爲定。

我們以直覺所了解的自過去往未來的時間流動，在可逆的物理學中，無有其匹類。普通動力系統的運動方程式(無論其爲地上的或天文的)，自左右任何一方起讀均可；我們不能從牛頓的公式，說明行星從那一方圍繞日而行。

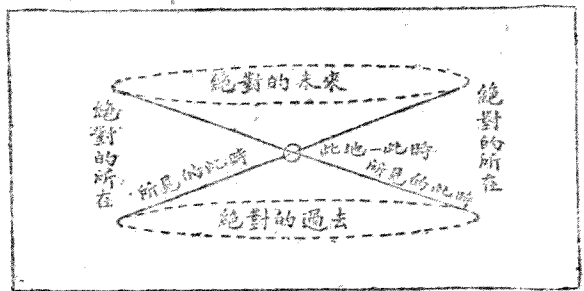
但在熱力學第二定律，與一隔離系統中熵量單向極大值增加大的例子裏，我們得到一個只能向一方進行的物理作用。因互相衝撞而起的分子的紊亂散射，只能使其趨近於差誤律所與的分配速度。除非我們號召馬克思威爾的魔鬼(Marwell's daemon)，而得到各個分子的制馭，或守候長久的時期，以

待諸分子之因巧遇而至聯合成羣，則此混雜的過程，惟有特時間的倒流才能與以逆轉。若我們果能見分子以速度相等者類聚成羣，則我們必認時間確在倒流。熱力學的第二定律，熵量增大的原則，敘說一重要無比的大自然過程，相當於人類意識中，時間義無反顧的前進。

杜布林 (Duhlin) 的費慈格拉德，於一八九四年說：『重力者，或原於因物質的存在所產生於以太構造上的一種變化。』(註三五) 這個以舊式物理學術語說出的語句，即已表達愛因斯坦於一九一五年，以廣義的相對論應用於萬有引力所得的結果。他證明，空間的性質，尤其是光的傳播現象，表示閔可斯機的時空連續區，除非在無窮小的境域內，是與理曼 (Riemann) 的，而非與彼克里得的，空間相似。(註三六)

在此時空裏，有天然路線的存在，好像在三度空間裏，我們所慣於想像的一物體於未受外力的作用，所進行的直的路線一樣。因為拋物體向地球降落，行星繞日而行，由此可知，這些路線於靠近物體時，即將曲向。因此，在物質的附近，必定有類似一時空間曲率 (curvature of space-time) 的東西，其他物體於進入此彎曲區域時，則將循一一定的路線，走向或環繞此物質。的確，當我們以物質的而非以電的術語設想，則近今所謂物質的意義，直不過有此曲率存在的時空區域而已。如果我們阻止另一物體的自由行動，如藉一椅子或地面分子的衝撞使之停止，則我們必對它施力，但此物體則以為乃由於其自身的『重量』所致。

這個效應，很易為電梯所證明。當梯開始上升時，它遭受一個加速度。這加速度以乘客觀之，似為其體重的臨時增加；此增加的確如普通重量一樣，可以彈簧秤測量之。加速度的效應，與所謂萬有



圖四十四

引力場臨時增加的效應，完全相同，而尙無已知的實驗方法，可將此二原因與以區別也。

反之，今任此電梯自由降落，則其乘客將不自覺其運動。今若有一乘客放落其掌中的蘋果，則此蘋果不至較電梯降落更速，而仍將平衡浮留於乘客的手邊。這個首次以萬有引力為題材的等價原理 (principle of equivalence)，於一九一一年為愛因斯坦所開始，而其數學上的大困難，亦數年以後始得解決。(註三七)

由此可知，牛頓萬有引力的設說可以無需。要一物體向地球降落，或在軌道上繞之而行的運動，或僅為其在時空彎曲的區域內自然路線的跡象而已。

計算表示這理論的結果，與牛頓的大致相同——相同至一般觀察的精密度。但是在二兩個現象中，適有設計一決定性實驗的可能。其中最著名的，乃光錐為太陽所偏轉的度數，依愛因斯坦的理論算得者，為牛頓的理論算得者之二倍。觀察此微小偏轉度的惟一方法，就是在日蝕時，攝取正在日球外面的星的影像。此項工作，已於一九一九年日蝕時，為愛丁敦在幾內亞灣的首都 (Principe in the Gulf of Guinea)，與克朗麥林 (Crommelin) 在巴西所進行。結果求得較近太陽的星的影像，比之較遠的星的，有所移動；而其移動的量，適與愛因斯坦的理論相符合。

其次，即為水星軌道每世紀四十二弧秒的差異，尙未為牛頓的理論所解釋，但立時為愛因斯坦所闡明。其算得的數，為四十三弧秒。

第三，照相對論原理，一原子在萬有引力場中應振動較緩。故平均言之，太陽光譜中的譜線，因太陽上的重力較強，應較地上相當的光譜的譜線，向波長較大方面移位。這個預期的移位甚難察見，但是實驗證據的總結算，表示其確實存在。在該密度較大的恆星上，這移位應較大，這個關係經承認其真確時，即用以測量恆星的密度云。

由此可見，欲作精確的計算，牛頓的理論不得不以愛因斯坦的理論來代替。在兩個方向——量子

論與相對論——上，近代物理學似已脫離自蓋理路時代以來，領導而有成就的基本概念。新的思想，須有新的工具爲之演述。在若干方面，已表明牛頓的動力學，曾領導近代科學至兩個光榮的世紀的，現已證明其不足以擔負目前智識所賜與的任務了。甚至物質的概念，原爲古典力學的基礎者，至今亦歸消失。所謂質乃佔有空間而經時不滅的主要觀念，今已失其意義，蓋空間或時間，既非絕對的，亦非實在的也。現今所謂物質，僅爲時空中發生的一串事蹟，以未知的而或有因果關係的方式相聯繫。由此可知相對論已加強了最近原子學說所得的結果。牛頓的動力學，仍足以預示物理現象至高度的精確，解決天文家，物理家與工程師的實際問題，但在最終的物理概念方面，他的學說，惟有流其榮譽的芳名於史冊了。

從廣義的相對論演導自然律的最好方法，或爲一九一五年希爾伯特 (Hilbert) 所應用的最小原理 (minimum principle)。亞歷山得里亞的赫羅，曾發現反射的光所進行的路線，爲常使其所走的總距離爲一最小值。此說於十七世紀爲費馬所發展而爲最小時間的普通原則 (general principle of least time)。百年以後丕杜斯·攸勒與拉格朗日，曾發展動力的最小作用量原理 (dynamical principle of least action)，而漢密爾敦於一八三四年，曾表明所有萬有引力的動力的及電的定律，都可以最小問題代表之。希爾伯特證明：照相對論原理，萬有引力的作用，在使時空的總曲率爲一最小；(註三八) 或如徵特克爾 (E. T. Whittaker) 所云：『萬有引力，不過是代表宇宙要伸直自己的一種連續努力而已。』(註三九)

廣義的相對論，即已拋棄由萬有引力所生機械力的觀念，重力成爲時空的一個長度性質。(註四〇) 但帶電或帶磁的物體，仍視爲爲力所作用。韋爾 (Weber) 及其他學者，曾有使它們得到同一解釋的嘗試，惟尙未完全成功。但在一九二九年，愛因斯坦發表以空間爲介乎攸克里得與曼中間的性質，設計了一個新的統一力場學說 (Unitary Field Theory)，使電磁亦成爲時空中的長度性質。若此工作

果得證實，則力場物理學將歸納到一個單純的形式。

此外愛丁敦於一九二八年更發表了一個不同概念的聯繫。(註四)電子的電荷 e ，以 $\frac{10e}{2\pi r_0}$ 的聯式出現於兩個電子的波動方程式，式中 r_0 為量子的作用量，為光速，愛丁敦算得此聯式的數值為一三六，而自米里根最近測量的值算得者為一三七·一，此中誤差已超過實驗的近似誤差，然其幾近亦甚有意味的。的確，所有一切近代的概念，不久可在一個物理的綜合下聯合起來，在一九三〇年已愈見明白。

克勒勒對於太陽及行星的觀察，已與太陽系以一模型，但此模型的大小，在尚未以地上的單位測定其一個距離以前，尚不得而知。此項工作，曾經用了幾個有近代精度的方法進行：(一)遠星所發的光的相差(當地球從一方橫過此光的行程與半年後從他方橫過時，所得的光行差)，於一七二八年為布拉德勒所發現。當時用此以證明光係以有限的速度進行。但因光速現已有他法測量，所以光行差反可用以測量地球的速度，與其軌道的大小了。(二)當金星經過地球與太陽之間時，由地球上兩地所測定其經過的時間，可以三角解法計算太陽的距離。(三)當小行星，愛神星(Eros)，於一九〇〇年行經地球鄰近時，其距離曾以三角測量法定之。

以上三法所得太陽系的大小，頗稱一致：從地球至太陽的距離，為九千二百八十萬英里，相當於光以每秒鐘一八六、〇〇〇英里的速度行八·三分鐘的距離。太陽的直徑為八六五、〇〇〇英里，其質量為地球的三三二、〇〇〇倍，而其密度為每立方厘米一·四克，地球的為五·五。最遠的行星，海王星，在直徑五十六萬萬英里的軌道上，以一六五年繞太陽一週。海王星軌道的直徑，可視若太陽系的大小。

在太陽系的外界以外，是一片偉大汪洋的空間。自審慎的觀察，可知當地球在六個月內自其軌道

天文物理學：恆星
(註四二)

的一邊行至另一邊時，即見最近的恆星，在以較遠的恆星作背景而行動。在以後的六個月內，復將它們攜歸原處。除卻因諸星本身真正的行動而產生的微小移動而外，若將後述的移動與光行差所生的誤差與以修正，則因我們已知地球軌道的直徑，故自一星在六個月內的視差，即可以三角測量法計算該星的距離。

恆星視差首次成功的測量，爲恆德生 (Henderson) 於一八三二年在好望角所進行，而接着遂有一八三八年柏色爾 (Bessel) 與史托魯夫 (Struve) 的測量。距離最近的星，一個微明的小點，名爲半人馬座比鄰星 (proxima centauri) 者，距我們達二千四百萬英里，——光須走四·一年，四十四倍於海王星軌道的距離。天狼星 (sirius, the bright dog star) 的距離，爲五千萬英里，或相當於八·六光年。約有二千個恆星的距離，已用此法測至甚高的確度。但是這個方法，至今只可應用於約十個光年以內的距離。

晴朗的清夜，我們目力可見的恆星，可達數千。若望遠鏡的本價增大，則可見的星愈多，但此數目並非依望遠鏡本領增大的比例而增加。由此我們可以說：恆星的數目，並非無窮的。美國威爾遜天文台 (Mount Wilson Observatory) 的一百英吋的反射望遠鏡，在一九二八年乃世界最大的望遠鏡，其可見的星數估計約爲一萬萬個，而在我們的恆星系統中星的總數，據各方估計約在十萬五千萬個至三百萬萬個不等。

希帕求斯，曾依照星的亮度將星分爲六個『星等』(“Magnitude”)，而今則已將此擴充至第二十等以下，而亮度只有第一等星的萬萬分之一的微明的星了。這種度量的方法，當然是以地球上所見諸星的視亮度 (apparent brightness) 爲標準。有些我們已知其距離的星，我們可以計算該星移至某一標準距離時所有的視星等，如此所得者，是爲絕對星等。

若以絕對星等分類，則所有星等數值中，都有星的存在。但如赫爾茲斯物倫 (Hezspriung) 所指

出而後來爲羅塞爾 (H. N. Russell) 所肯定的，卽高星等與低星等的星的數目，較中星者更多。前者稱爲巨星 (Giants)，而後者稱爲矮星 (Dwarfs)，後當詳論之。

有同一光譜型，而距離已知的星，表示其絕對星等與其某些譜線的相對強度，有有規則的聯繫。因此，審慎考查這些有決定性的譜線，可以求得未知距離的星的絕對星等，然後再自其視星等可估計其距離，卽使此距離太大不能以視差來測量。此種計算，爲估計恆星距離所用幾個間接方法之一。

許多肉眼看似單一的星，以望遠鏡視之，乃是成對的。有些成對的兩星，可相距頗遠，而其所以視若相近者，乃因它們幾乎在同一的視線上。然而雙星的數目很大，這種巧遇的聯繫，不足以解釋其全體。大部的雙星，其兩星之間，必有其某種的關係。威廉·赫爾薛於一七八二年開始其雙星的觀察，至一七九三年，他所尋出的雙星的途徑，很足以證明它們繞着焦點上同一重心，而運行橢圓軌道。因此，他已證明雙星的運動，亦與牛頓爲太陽系而演示的重力定律相符合。

有若干雙星，其距離及軌道都已測定，由此更算得其質量。它們的質量普通爲太陽質量的半數至三倍。這與他方所得的證據，表示各星質量上的差別並不很大，雖其大小及密度有極大的差別，頗相吻合。

有些雙星的兩個星，相距太近，以致不能用望遠鏡將其劃分，但可用光譜與以區別。今若自兩星軌道的平面平視過去，而使兩星的連線垂直於視線，則一星向我們而來，而他星則背我們而去，如是依照多卜勒原理 (Doppler principle)，則一星光譜的譜線將向藍邊移位，而他星的則向紅邊移位，而實際在雙星的光譜中，其譜線的數目必至加倍。惟當兩星的位置一前一後時，則它們是在橫過我們的視線而行，而其光譜遂無譜線加倍的表現。自此種光譜上變化的觀察，我們可以估計其轉動的週期及其速度，並可計算其兩星質量之比數。故若目視的與光譜的測量均屬可能，則兩星的質量均可求得。

一八八九年，皮開林 (E. C. Pickering) 首次以光譜方法，發現一雙星。他聲言『大熊星 (Ursa Majoris) 光譜中譜線的加倍，乃表示此星爲一週期爲一〇四日的雙星。自是以後，成百的『分光雙星』(spectroscopic binaries) 即被發現，主要是在美國及加拿大天文台的天文家用了大望遠鏡及光譜儀而且在清朝空氣中工作所發現的。

許多恆星的光，常改變其強度。若此改變爲不規則的，則此或由於白熾氣體的返復衝流。但其許多例子，其改變的週期頗有規律，而其改變的原因，或爲當一亮星與其暗的伴星互相環繞運動時，亮星的光之一部或全部，於一定的時間爲暗星所遮蔽，而成亮星的蝕。這個解釋，有時可以光譜證實之，即當亮星在趨近或離開地球時，其譜線發生有週期性的移位也。自光度隨着時間改變的曲線，以及光譜的測量，可以求得一個系統的完全描寫，例如大陵變星 (Algol) 及天琴星 (β Lyrae)。雙星的數目很大，而更爲複雜的體系——複星 (multiple stars)，亦可以相同的方法與以識別及檢驗。例如我們熟知的『極星』(Pole star)，自光譜測量，知其含有兩個每四日互相繞轉一週的星，一個以三年爲週期的星，及一個約以二萬年爲週期的星。

更有其他變星，如造父變星 (δ Cephei)，不易以星蝕與以解釋。它們於幾小時或數日的期間，至數次閃射其極小的亮度。如果週期不長，則此種造父變星，表現其改變的週期與其亮度或絕對星等有一定的關係。此關係於一九一二年爲哈佛大學李維特 (Leavitt) 女士所發現。這個發現的價值，立刻爲彼時在威爾遜天文台的赫爾茲斯勃倫與夏卜勒 (Shapley) 所看到。這個現象是那樣的有規則，故測量未知其距離，而與此相似的星的週期，即可估計其絕對星等。再觀察此星的視星等，即可計算其距離。此爲測定距離太遠，致不能呈現視差的星之又一方法。

恆星最多的區域是在一個寬度不定的帶上。此帶稱爲銀河，圍繞天空成一巨環。有些地方，星數太多，致成恆星雲 (Star cloud)，非有優良的望遠鏡，不能鑑別其中各個的恆星。摻雜其間的更有不

規則的星雲 (nebula)，不能加以分析。在恆星聚成圓帶的中間，剖分銀河的大平面，稱爲銀河平面。這平面可視爲恆星系統中的一個對稱平面。恆星似向此平面而叢聚，特別是較熱的星與較暗的星，大概說來，暗星的距離較遠。

這表示我們的恆星系統，爲平附於銀河平面，似形成一個廣大透鏡式的星的集合。我們在此集合之內，而不居其中心。我們之所以看見銀河中的星數特多者，主要是因爲我們於觀望銀河時，是在朝着透鏡的邊平望，而在此方向列有恆星的空間厚度，較他處更深些。

除恆星雲與不規則的星雲而外，更有恆星的球形集團約百個。這些球狀星團，以正在銀河中部以外之處爲最多。其中含有造父變星。從它們變更的週期，及以其他間接方法，可求得此種星團離我們約爲二萬至二十萬光年。

由此可知，恆星系統，似有一最長的直徑，至少需光進行三十萬年。我們的太陽，雖此整個系統的中心，約爲六萬光年，而在中心平面的稍北。積多年恆星外表運動的觀察，證明太陽是以每秒約十三英里的速度，向武仙星座 (Hercules) 運動，而若以此運動作爲標誌的線，則可有兩條主要的星流經過空間。

天象中最巨大的東西，就是那偉大的旋渦星雲 (spiral nebula)。它們或者是在形成的星系。關於此觀點的論據，後當再論之。這些星雲非常巨大：雖爲稀薄的氣體所組成，但其中之一個，可含有做成千萬萬個太陽的物質。它們的數目很多：加尼福尼亞威爾遜山天文台的哈布爾 (Hubble) 博士，估計在該台的百英寸望遠鏡中，可以見到的約有二百萬個。它們中有些距離很遠：有估計在五十萬至一萬四千萬光年者，而很可能的，它們是遠在我們的恆星系統之外。宇宙似含有恆星叢集的銀河即夏卜勒所稱的『島宇宙』(“Island Universe”) 很多個，而我們的，僅爲其中之一而已。

色奇 (Booth) 神父，約於一八六七年在羅馬初以光譜作一恆星分類的系統。嗣後，美國哈佛

天文台再與以多方的改進與擴充。星的顏色，以肉眼視之，已各不同。更因照像對於光譜紫色的一端較爲靈敏，故以照像法所求得的星等，與肉眼所估計者並不相同，其間的差異，即爲顏色的表計。這些差異，更爲光譜所例示。我們可在諸類恆星的光譜中，(譯註五)找到若干標識的譜線系。這些譜線在兩類的恆星間，雖無明顯的劃界，但確足以表示諸類恆星的特性，哈佛大學以 O. B. A. F. G. K. M. N. R. 等字母區別之，表中在前的，爲顏色較藍的星。

○類星的光譜，爲一較暗的連續背景上，呈現若干明線。此類光譜中有氫與氦的譜線頗強者。B類的光譜，呈現暗線，而以氫線爲最顯著。V類中，有氫與鈣及其他金屬。在W類中，後者的譜線增強。Q類星包括太陽，呈現黃色，其光譜爲明的背景上，呈現暗線。炭氫化合物的譜帶，第一次出現於X類星中。Y類星呈現寬的吸收譜帶，特別是氧化鎢的。Z類的光譜，有一氧化碳與氮(C₂)的寬譜帶，星呈紅色。J類星非紅色，但亦有Y類星中的吸收譜帶。

此種關於光譜的觀察，曾用作測量各類星的有效溫度。若將一個黑體——可視爲一完全的輻射體——漸漸加熱，則其輻射的特性與強度，即將改變。在每一溫度下，其輻射與波長，形成一特殊的曲線關係，在某一個特殊的波長，輻射達到一極大值。溫度增高，則此極大值的位置，向光譜的短波方面移位，因而可用以作溫度的指示。能的分配，曾經用多種方法與以研究，例如照像及研究輻射特性的變更等。不但如此，溫度及電離對於光譜的影響，已可於我們的節制下，在實驗室中進行測量。這樣星的光譜中若干吸收譜線的出現，可用來估計其吸收的原子的溫度，如薩哈(一九二〇年)佛萊與密爾勒(一九二三年)等，所做過的。

各種估計恆星溫度的方法所得的結果，頗能互相符合。剛可看見的星，大約是一六五〇度。已知最熱的星，可達二三〇〇〇度。但這些當然是外表輻射層的溫度。星的內部，必遠較外層爲熱，而其溫度當可達數百萬度云。

我們上面已曾述及，若依絕對星等將恆星分類，則中星等的星，雖有而較少，而數多的星，均屬於『巨星』與『矮星』兩大類。前者的亮度，遠較後者為大。但在此可與注意的，這個分類方法，只有溫度在四百度以下，從A型星至較冷的星，才覺顯著。在較熱的星，此法已趨模糊，及至B型星，幾至消失莫辨了。這些恆星，全為巨星，其亮度都是太陽的四十至一千六百倍。

這些事實，曾被認為已指示了一斷然的結論。此結論為何？即所有恆星，都曾經過一個大體相同的演化過程。每一恆星，都認為最初為一較冷的物體，嗣後溫度漸漸增高，而達到一個視其大小而定的極高值，然後再隨此溫度而漸趨冷卻。

當恆星的溫度升高時，它即發出大量的光。因此，它的體積遂被認為很大，而歸類之為『巨星』。惟當該星冷卻時，它的大氣以與前相反的方向，經過與前相同的一段溫度，以致其冷卻時所經過的各種光譜型，雖細節上略有差異，但大體上與其溫度升高時所經過者相同。然而該星現在的絕對星等，換言之，即其亮度，却遠較以前為小。今其溫度既與以前上升時相同，則此事實，必表示該星的體積較前為小，而遂成為『矮星』了。

這個為羅塞爾所創立的恆星演化過程，與蘭恩 (Lane)及理特爾所闡明的大量氣體互相吸引的動力學相符合。如果它的質量夠大，則重力必使之收縮，它將放出熱量，而變成更熱。但當其收縮時，其收縮的速率，必逐漸減少。及至某一臨界的密度時，這一個巨大的熾亮氣體所發的熱量，將較其所輻射者為小，而此一團物質，遂即開始冷卻。如我們在第八章所述，若以太陽的年紀觀之，則此過程不能解釋其所有放出的熱量。惟當時還以為或有他種能的來源，如原子的破壞，亦隨溫度而變更，而經過一相似的過程。

這個恆星演化的學說，已因最近的研究，將原子構造的新知識應用於天文物理學，而與以修改。人類以其所居原子與恆星間的重要位置，(註四三)故知如何利用一方所得的知識，以作研究另一方

的參考。

已知太陽或任何一星的大小及其平均密度，同時假設其全質均為氣體，則可由此計算在其表面以下，壓力隨深度而增加的速率。這計算已為愛丁敦所進行。無論在那一層，其上面的壓力，為下面氣體的彈性，並附以輻射的壓力所撐持。照氣體動力學，氣體的彈性，原於氣體分子的碰撞；而分子的速度，又須視溫度的高低以爲定。故恆星內部的溫度，遂可由此而與以測定。欲撐持太陽或其類似恆星內部的巨大壓力，則其溫度必達四千萬至五千萬度之譜。設有一星，遠較此爲大而熱，則其內部輻射的熱力必至過大，至使該星變成不穩定，而趨於爆裂。由此可知，各星的大小及其內部的壓力，必大致相同。但其所發射於空間的熱量，則表示其表面的溫度，在其數千度的小範圍內，有頗大的差別也。

恆星內部的一區域，甚至一大的區域，實際爲一恆溫的圍場 (enclosure)，故其總輻射，依絕對溫度的四乘方而變更；且當溫度增高時，則能最最大的輻射，依照已知的定律，繼續沿看光譜而向短波方面移位。當溫度高至數百萬度時，則其能量的極大處，即已遠超可見光譜的境段，而至X射線或波長更短的輻射。但此種輻射，於其行至恆星外層的途中，繼續爲原子所碰撞及作用而變成較長的波長，最後仍以光及熱的形式而發出。但在此可爲驚奇者，即麥克冷南 (McLennan)，米里根·柯爾厚 (Kohler) 等，曾察得絕端貫穿性的射線，雖其量很小，但似若不斷的經過我們的大氣而係來自空間者。如堅思 (Jans) 所云：『在某一意義上，這些輻射，爲整個宇宙中最基本的物理現象。空間的大部區域，合此輻射的，遠較可見的光及熱者爲多。我們的身體，日夜爲其所通過。……它破壞我們體內的原子，每秒鐘達數百萬個。這可能是生命的要素，也可能在殺害我們。』(註四) 這些有貫穿性的輻射，可能是在星雲，或充滿於無物的空間而十分稀薄的星雲一類的地方，質子與電子互相拚消 (annihilation) 時所發出的，因在這些地方所射出的能，無須費力以求通過恆星外覆的物質

星的本性

也。

我們已知 α 射線及貫穿性更大的 γ 射線，都是很有效的游離劑。所以星內的原子，都已高度游離，換言之，即其外部的電子已被剝奪。這個觀念，曾於一九一七年爲堅思所倡議，而再爲愛丁敦所解決。一個普通原子所佔有的體積，即其他原子不能貫穿的體積，就是這些外部電子的軌道所佔有的體積。今若其外部電子已被剝奪，則此原子的有效體積，必大爲減小，而實際上，即成爲原子核及其最近電子環（其軌道較外部電子的軌道大爲減小）的體積。結果，恆星內部的原子，既遠較細小，則其相互的作用，亦必遠較我們實驗室的爲小。故恆星物質雖在高大密度時，其性質亦若理想的氣體，而遵守波爾定律云。

假設恆星是氣體的，則我們可以數學計算一星的質量，與其所發的光及熱的關係——換言之，即可知其亮度爲何也。愛丁敦於一九二四年，算得星的質量愈大，則其輻射亦愈多。他求得一理論的關係，而且將一個數的因子調整後，使此關係確與事實相符。即對於許多恆星，因爲密度很大，在一九二四年以前，尙認爲是液體或固體，而以此理論不能適用的，亦能符合。但愛丁敦主張即我們已知較水爲重的太陽，以及較鐵爲重的其他恆星，實際均爲氣體；它們的原子，因已被剝奪其電子，故體積較小，而於大部時間中，彼此不接近。

不寧惟是，一個新的發現，更增加了密度的可能範圍。柏塞爾 (Bergel) 於一八四四年，發現天空中 brightest 的天狼星，運行橢圓軌道，而且曾假設一個伴星圍繞運行，其質量約爲太陽的 $\frac{1}{360}$ 。十八年後，此星爲克拉克 (Alvan Clark) 所發現，用現代望遠鏡，不難看見此星，而其所發之光，約爲太陽的 $\frac{1}{360}$ 。當時曾認此星僅呈紅熱，而爲一行將沒落的星，但一九一四年，阿丹姆斯自威爾遜山察得該星並非紅熱，而爲白熱。其所發總光度之小，乃因其體積甚小的原故，它不能比地球大許多。從這個大的質量，與小的體積，可知其密度約爲每立方英寸重一噸——一個當時以爲不可信而駭人

聽聞的結果。

但是不久新的證據出現了。愛因斯坦的學說，需要發出輻射的頻率，應隨質量及體積而變更。因此，譜線應以半徑除質量的比例，向赤色方向移位。阿丹斯曾測得天狼星伴星的光譜，而亦得相同的高密度，約大於鉑密度的二千倍。此外更有數星，已知其密度與此相似或更大。堅思以爲在這些星中的物質，必不再爲氣體，而與液體相近了。其原子必僅含原子核，甚至其最內層的電子，亦被剝奪。比較正常的星，如天狼星及太陽，可能爲核外剩有一層電子的原子所組成。所以在原子構造學說中，我們求得了爲什麼恆星會區分爲明顯級類，而每一級類，僅包括某體積極限以內的恆星。在這樣高的溫度，地上的原子將至完全分裂。欲維持其不同的體積，恆星內部的原子必較地球我們熟知的原子爲重，而類似我們的較輕的原子，必上浮於表面，而成爲輻射之層。

恆星的年紀，可以三法估計之：(1) 雙星的軌道最初應爲圓形，以後漸爲旁邊的他星之力所影響，而致變形。這種影響的可能頻率，可與計算。因此，自軌道的實際形狀，即可以計算恆星的可能年紀。(2) 有幾類亮星，在空間運動時，漸失其小部的組織成份，造成這些觀察到的散失所需時間，可以計算而得。(3) 各恆星運動的能量，亦如氣體中的分子一樣，有趨於相等的趨勢。塞爾斯已測得鄰近太陽的諸星，幾已達此境地。從氣體動力說，我們可以計算產生此種動能相等所需的時間。這三個方法，都一致表示 5×10^8 至 10^9 年，是我們恆星系中諸星的可能平均年紀。

欲維持這樣長久的生命，必需巨量輻射能的供給，其量之巨，有遠非萬有引力的收縮，或放射現象所能解釋的。愛因斯坦的學說很自然的引至一觀念，說此能量的來源，或爲陽性質子與陰性電子的互相拼滅——一個在一九〇四年堅思用來解釋放射能的觀念。(註四五) 這個理論已得詳細的完成。恆星確在失落其質量。輻射產生定量的壓力，故擁有一可算的動量，或質量與速度之積。太陽從每平方英寸的表面，輻射至五十馬力，這表示整個太陽，每日損失質量三千六百萬萬噸，而質子與電子的互

相拼滅，則給與此損失以可能發生的機構。太陽於其體積更大，年紀較輕時，其質量的損失，必當更速。由此我們可以決定太陽年紀的最高極限，大約為 $8 \times 10^9 \times 10^9$ 年。這與各法所估計的恆星壽命，頗相符合。

恆星的年紀，既得估定。然則恆星究係若何產生的呢？這乃一極自然的問題。即使在最大的望遠鏡中，恆星是無可見的大小的——最近的恆星，也實在太遠了。但是發亮的面積所謂星雲者，自古即已知之。仙女座 (Andromeda) 中的一巨大星雲，能為肉眼所見，在望遠鏡發明以前，即已發現。而獵戶座 (Orion) 中的另一星雲，亦已於一六五六年為惠根斯所發現。

星雲有三大類：

(1) 形狀不規則的星雲，如獵戶座中的。

(2) 行星狀星雲 (planetary nebula)，為形狀有規則的較小星體。

(3) 旋渦星雲，形狀似大的光之旋渦。

多數的星雲，是旋渦狀的。我們已經說過，在現代望遠鏡中可見的星雲，約有二百萬個。它們的光譜，是連續的，而蓋有吸收譜線，與 α 至 γ 型的星（包括太陽在內）的光譜相似。有些星雲，是彌散的熾亮氣體。有些含有定形的恆星。它們也表現急速的轉動。自軌道平面的邊上平視所見的星雲，可以光譜法測驗之。其中與我們視線垂直的，可自逐年攝影，求得其轉動，大約為數百萬年一週轉。這好像表示其運動的迂緩，但其線速度，有已知其每秒鐘達一千公尺者，所以其轉動週期的長久，非因其運動的迂緩，而表示其體積的龐大。

今若假設諸星雲轉動的速度，大小相近，則由上所述，自軌道平面的邊上平視所見的星雲，既可以用光譜法測得其線速度，而橫過我們視線的星雲，亦可以測得其每年的角轉動，故若以此二者比較，則可作其距離的一估計了。造父變星，在旋渦星雲的環抱中，而其亮度變更的週期，可假設與其

絕對亮度有普通一般的關係。所以它們視亮度的測量，又可作距離的另一估計了。由此所得的數值，約在數萬萬至數十萬萬光年。所以多數的旋渦星雲，都距離很遠，而在我們的恆星系以外。

星雲的恆星演化學說，最初爲康德所倡議，繼復於十八世紀末葉爲拉勃拉斯所引用，以解釋太陽系的原始。拉勃拉斯根據氣體星雲的觀念，說星雲充滿着海王星軌道以內的空間，而具有轉動式的運動。它因其自有的萬有引力，而漸漸縮小。惟因其角動量維持不變，故其速度漸增。在其收縮的各階段中，遺留環形的物質，經凝結而成行星及其衛星，繞中心的質體而轉動。此中心的質體，即成太陽。

這種說法，不免有若干困難。一九〇〇年摩耳頓 (F. R. Moulton) 指出由環形變成球形是不會實現的事，錢博倫 (T. C. Chamberlin) 并證明在有上述大小的氣體質團中，其萬有引力的力量，並不足以克服其分子速度的擴散效應，與輻射的壓力而至縮小。堅思并曾證明行星的凝成是不可能的。

但是，星雲之爲物，比拉勃拉斯所想像的大逾百萬倍，在此規模之下，整個的發展，亦大不相同。此時萬有引力遠較氣體壓力及輻射壓力更爲有效，星雲非但不至散射，而且收縮，并且旋轉得比拉勃拉斯所想像的還快。這個解釋，應用於較小的太陽系上遇到失敗，在巨大的恆星銀河方面，却頗爲成功。

堅思曾以數學證明：一個具有引力的氣體質團，或因其他質團的潮汐作用，而開始轉動，則將漸漸形成一雙凸透鏡的形狀。若其旋轉更快，則其邊緣必成不穩固，而裂成類似旋渦星雲的肢臂。肢臂上發生局部的凝結，而每個相當大小的肢臂，遂在我們所見恆星的體積小範圍內，結成恆星。這個理論的預示，已爲赫布爾所證明。赫布爾以觀察的結果，將星雲分爲堅思所預示的各類。於是在旋渦星雲裏，我們在遠超我們恆星系的空間汪洋中，目擊正在創造中的新的恆星系。

旋渦星雲肢臂上的一小滴，是否即變成如我們所有的太陽系呢？照堅思的數學計算證明，是不見得的。如果這小滴的轉動夠速，而至釀成分裂，則分裂所得者，可能為互相繞行的雙星。所以雙星，或為恆星演化的一個正常過程，其另一過程，則為孤獨的單星。

但摩耳頓錢博倫及堅思又曾倡議一想像的學說，以作太陽系的解釋。如果在某一初期，兩個氣體行星至彼此鄰近之處，則潮汐波 (tidal waves)，即將發生。及至兩星趨近到某一臨界距離時，此潮汐波即將射出長臂狀的物質，然後或再裂成相當大小，及相當特性的物體，而形成地球及其他行星。但此種事件，却很少發生，據堅思的計算，如像我們的行星系，大約在十萬個恆星中纔有一個。

恆星演化的新學說，今可述之如下：恆星，是旋渦星雲的肢臂上所飛出大小相近的氣體質團。它們放出輻射，其質量因而減少。又因其體積較大時，發出的輻射較多，所以它們的質量漸趨於相等。

無論其溫度及壓力若何，年紀最輕的星，最重，而輻射亦最多。如果它們全為如地上的原子所組成，則溫度及壓力增高，輻射亦當隨之增加，而與此不相同了。此種證據，又表示其輻射的能，乃大部來自我們所未知的極端活動的物質。此種物質，星老即毀滅，或由於質子與電子的結合，使其物質消滅，而變成電磁輻射的激流。這樣放出的能量，甚為巨大：照相對論節中所述，拏滅質量 m 所放出的能為 mc^2 ， c 為光速，等於每秒 3×10^{10} 厘米。故若一克質量的物質，化作輻射時，其能量即等於 9×10^{20} 爾格 (erg)。一滴相當大的油，拏滅時所產的能量，可使一大船橫過大西洋。

這個天文物理的新學說，使人回想到牛頓光學 (Optics) 書中質疑第三十所說：『整個的物體與光，不是可以互相變化嗎？……物體的變為光，與光的變為物體，乃是與似乎樂於變化的自然程序相符合的。』

恆星化為輻射，宇宙間物質的命運，或直接化為空間的輻射，或變成惰性而不活動的東西，如組

成我們的世界主要物質。地上的物質，含有九十二個元素。其中已被發現的，有九十個，自原子序數爲一的氫，至原子序數爲九十二的鈾。今若另有其他元素存在，則其原子序數必較九十二爲大，而其構造必較鈾更爲複雜。它們或必富有強烈的放射性，所以不會穩固，而或早已失其存在了。從前以爲光譜的結果，表示物質的演化，自簡單而趨複雜，自年老星中的氫，而趨於年輕星中的鈣。但今日對此事實的解釋，則大不相同，而認爲僅表示各恆星中的情況，有適宜於氫或鈣在其大氣中的出現，與輻射的放出而已。有些天文學家，以爲在恆星的演化中，即有複雜因子的分裂。其中大部直接化作輻射，小部變成惰性的灰分。這些灰分雖是宇宙變化的副產品，但爲組成我們身體，及我們世界的物質。鈾與鏷，或爲介乎這些活動原始原子遺留於地上的最後殘跡，與不活動元素間的物質。

祇有與我們所處情況切似的，似方有生命的可能，而此種情況，即使不是惟一的，也是少有的。類似地球的行星，或亦有之，然以之與巨大數目的星相較則似爲數甚少。

開爾文的能之逸散原理 (principle of dissipation of energy)，指着一個最後的狀態，其中物質及能都均勻分佈，而無運動的可能。近代的理論，雖改變其過程，但亦得相似的結論。宇宙所趨的最後狀態，乃從活動恆星的原子，化作空間的輻射，與變成將熄的太陽中，或冰凍的地球中的少許惰質。從毀滅宇宙中所有物質而得的輻射，僅能使空間的溫度增高的數度而已。堅思算得：只有當溫度增高至 7.5×10^{10} 度時，則空間方能爲輻射及再度沉澱的物質所飽和。活動物質的原子遺存的或然率，以及輻射漫聚於一處以至物質再度沉澱的或然率，都非常渺小。不過我們等候此機會來臨的時日雖久，而永世更久。赫爾丹曾倡說，愛丁敦教授亦告訴我在漢堡的施特因 (Stein) 教授談話中曾說，這種巧遇的濃聚，或可於我們現有的宇宙消滅後，產生一個新的宇宙——或者在輻射瀰漫的若干年代以後，產生了我們的宇宙。但是傑姆斯·堅思爵士，與愛丁敦教授，都曾與我聲言此種辯論之未能使其置信。他種事件發生的機會更大，而此種事件更將防阻那絕難可能的巧遇也。

相對論與
宇宙

要求此等問題的最後解決，似無可能。歷史所昭示於我們的，是要我們審慎將事。我們對於天文物理學現有的展望，不過開始於數年以前，我們已知的，較其未知的還少得很。

相對論對於大自然所與的展望，如其所宣示的，已深切影響了我們對於體質宇宙 (Physical Universe) 的觀念。它於解釋萬有引力時，用在萬有引力場中呈現彎曲的自然路線的理論，以代替引力的觀念，非但在精察的實驗中，得有稍異的結果，如我們以前所述的；而且使我們對於宇宙範圍的觀念，完全改變。

若我們採用攸克里得的空間，與牛頓的時間，則我們自然以為『存在』乃是無窮的。空間無限的伸至最遠的恆星以外，時間則通達過去與未來，只是一律而永久的流逝着。

但若我們新的時空連續區，因物質的存在而現彎曲，則我們即進入思想的另一境界了。時間或仍是無止境的逐刻長流，然而空間的彎曲，則指示着一個空間有限的宇宙。今設我們以光速繼續前進，則終將達到一有限的極界，或至重返我們的原地。赫布爾博士估計整個的空間，約為威爾遜山望遠鏡——可見我們恆星系以外的星雲約達二百萬個——所可見到的十萬萬倍。這表明光線遍行宇宙一週，約需 10¹¹ 或千萬萬年。愛因斯坦曾敘述一個三度的空間，其彎曲方式，正如我們在二度空間中所稱的圓柱體一樣，而時間則相當於圓柱體的軸線。戴習德 (De Sitter) 曾想像一個球形的時空，如果我們繼續向外進行，而追尋更大的球，則我們終將達到一個最大的。這裏的時間，從地球上觀之，似為停止不動，正如愛丁敦所云：『好像瘋帽商的茶會，時間永遠是六點鐘，不管我們等候多久，總是見不到什麼動靜。』但如我們果能到此保守的天堂，則我們必覺在該處經歷的時間，也依然流逝，雖其流逝的方向不同——茲無論其意義若何。

這種從地球上所見時間的變慢，戴習德曾經指出一個輕微的證實。有些旋渦星雲，為我們所知的最遠的物體。它們光譜中的譜線，與地球上光譜中同一譜線相較，位置頗有移動，而其移位的方向，

則大部為波長增大。這個現象，普通認為星雲有巨大的退行速度——較其他任何天體的都大——所致。但認為我們所見原子振動的變慢，換言之，即大自然時計有速度的改變，或量時的標計已不相同，亦正無不可。

(註一)一般說明可參考作者所著 *The Recent Development of Physical Science* 一書前後數版(一九〇四——一九二四)。

(註二) *Camb. Phil. Soc. 劍橋大學哲學會。見 University Reports 一八九六年二月四日。*

(註三) 見第五章。

(註四) 看 J. J. Thomson, *Conduction of Electricity through Gases*, Cambridge, 1903. 4, 1905. 及 J. S. E.

Townsend: *Electricity in Gases*, Oxford, 1915.

(註五) 一個行動的帶電質點即相當於一電流，均可為磁鐵所偏轉。今若施以強度為 H 的磁場，則質點所受的機械力為 Hev 。此力的作用方向，與磁場及質點的進行方向隨時均成直角。這正合產生圓形運動的條件，而此 Hev 即代表向心力。

力 $\frac{mv^2}{r}$ ，故 $r = \frac{mv}{eH}$ 。實驗上，質點祇走圓弧的一段，而其離開直線行徑的偏轉為 $S_a = \frac{1}{2} \frac{v}{r} = \frac{1}{2} \frac{eH}{v} = \frac{1}{2} \frac{eH}{2\pi m}$ 。

(註六) 欲知這些劃時代的研究的詳史，參閱上述 Townsend 所著的書第四五三頁及以後諸頁。

(註七) *Phil. Mag.* Vol. XLV, 1897 p. 293。

(註八) 若一強度為 F 的均強電場，在垂直於質點運動的方向與一質量為 m 電荷為 e 的質點作用，則質點所得的加速度 a 為 $\frac{Fe}{m}$ ，而在電場方向的移動為 $S_e = \frac{1}{2} a t^2 = \frac{1}{2} \frac{Fe}{m} t^2$ 。在時間 t 內，該質點以其原有的速度 v 進行距離 $l = vt$ 。因此， $S_e = \frac{1}{2} \frac{F}{v^2} l^2$ ，而在與原來的運動方向垂直的移動為 $S_e = \frac{1}{2} \frac{F}{v^2} l^2 \frac{v}{v} = \frac{1}{2} \frac{F}{v^2} l^2$ 。

(註九) 見第五章。

(註一〇) 看 R. A. Millikan, *Trans. American Electrochemical Society*, XXI p. 185, 1912, 又看前所引 Townsend

書 p. 244。

(註一一) *Phil. Mag.* Ser. 5, Vol. LXVIII (1899) p. 555。

(註一二) 見第五章。

(註一四) F. A. Aston, *Isotopes*, London, 1922 and 1924.

(註一四) E. Rutherford, *Radio-Activity*, Cambridge, 1901 and 1915.

(註一五) J. Chadwick, *Radio-Activity*, London, 1921. 設 I 為放射的強度則 $\frac{dI}{dt} = -\lambda I$ 。令原有的放射為 I_0 而其

積分，即得 $\log_e \left(\frac{I}{I_0} \right) = -\lambda t$ 故 $\frac{I}{I_0} = e^{-\lambda t}$ 此為一單分子化學反應的對數或指數定律。

(註一六) 參 Sir William and W. L. Bragg: *X-Rays and Crystal Structure*, London, 1915, 5th ed. 1925, G. W. C. Kaye, X-Rays, London, 1914, 4th ed. 1928.

(註一七) *Phil. Mag.* 1913, 1914, Ser. 6, Vol. XXVI pp. 210, 1924, and Vol. XXVII p. 703.

(註一八) 欲知詳細參 J. H. Jeans, *Report on Radiation and the Quantum Theory*, 2nd ed. London, 1924.

(註一九) *Annalen der Physik*, Vol. IV. p. 553, 1901.

(註二〇) *Solvay Congress*, Brussels, 1912, pp. 254, 407.

(註二一) *Annalen der Physik*, Vol. XXXIX, 1912, p. 789.

(註二二) 參 N. Bohr, *The Theory of Spectra and Atomic Constitution*, Cambridge, 2nd ed. 1924, A.

Sommerfeld, *Atombau und Spektrallinien*, 4th ed. 1924. E. N. da C. Andrade *The Structure of the Atom*,

London, 1923, 3rd ed. 1927. B. Russell, *The A. B. C. of Atoms*, London, 1923.

(註二三) E. Rutherford, *Proc. Roy. Soc. A* 123, p. 873, 1923.

(註二四) 他項可以 $4(3 \times 2)$, $9(3 \times 3)$, $16(4 \times 4)$ 等除黎德律常數求得之。今若自常數已減除這些項數，則所得的振動數為

$$R - \frac{R}{4} = \frac{3}{4} R, R - \frac{R}{9} = \frac{8}{9} R, \text{等等而這些數目求得爲與藍的紫外光譜譜線的振動數目相等。}$$

今若更自 109, 678 的四分之一，即 27,420 開始，而從此減去其他更高的項則我們求得另一系數目。

$$R - \frac{R}{4} - \frac{R}{9} = \frac{5R}{36}, R - \frac{R}{16} - \frac{3R}{16}, \text{等等，這些數目已證明與藍的可見光譜譜線——即所論巴爾麥系 (Balmer's series)——相等。此外更有一系，爲自 } R/9 \text{ 誘導而得者，爲帕申 (Paschen) 在紅內光質所發現。}$$

(註二五) 數學的計算。表示電子運動的能量，在第二個軌道者爲第一的 $\frac{1}{4}$ ，在第三個者爲其 $\frac{1}{9}$ ，而在第四者爲其 $\frac{1}{16}$ 。

第一電子自一較外的軌道或能階降至一較內的軌道或能階時，它損失了位能而增加了動能。二者相較，可證明能量的總損失即等於動能的增加。故若設 ϵ 為電子在最內一層能階的動能，則自第二層三層四等層降至第一層所損失之能量各為

$$\epsilon - \frac{\epsilon}{4} = \frac{3\epsilon}{4}, \quad \epsilon - \frac{\epsilon}{9} = \frac{8\epsilon}{9}, \quad \epsilon - \frac{\epsilon}{16} = \frac{15\epsilon}{16} \text{ 等等 (總計 1)}, \quad \text{而自第三層四等層降至第二層所損失者各為}$$

$$\frac{\epsilon}{4} - \frac{\epsilon}{9} = \frac{5\epsilon}{36}, \quad \frac{\epsilon}{9} - \frac{\epsilon}{16} = \frac{7\epsilon}{144} \text{ 等等。}$$

電子自一個軌道或能階降至另一個時，即吸收或發射能量 $h\nu$ ，式中 h 為普朗克的作用量單位，而 ν 則為振動頻率。因電子於降至第一能階時所損失的能為 $\frac{3\epsilon}{4}$ ， $\frac{8\epsilon}{9}$ 等等而 h 為一常數，故 $\nu_1 \nu_2$ 等頻率之比必為 $\frac{3}{4}$ ， $\frac{8}{9}$ 等，此與紫外光譜中已知之譜線頻率比較相符合。同時，電子於降至第二能階時所得的一系列頻率，始於 $\frac{5\epsilon}{36}$ ，此又與巴爾麥系相符合。

(註二六) *Zeitschrift für Physik*, 39, 12, 1925, p. 879, and 25, 8-9, 1928, p. 657. 摘要見 H. G. Allen, *The Quantum*, London, 1928; A. S. Eddington, *The Nature of the Physical World*, Cambridge, 1928, p. 206.

(註二七) *Annalen der Physik* 79, (1925) pp. 351 and 731.

(註二八) 海森堡的與薛定格的數學，得到相似的方程式。自哈密爾的原理，它們得到一個公式

$$qp - pq = \frac{ih}{2\pi}$$

式中 q 為作用量子而 i 為 $\sqrt{-1}$ 的平方根。 q 及 p 為坐標及動量，至此二名詞在此應用的意義頗為特別。博爾恩 (Born) 及約爾丹 (Jordan) 以 P 為一方陣——一無窮數目的數量列為對稱的陣形。迪拉克 (Dirac) 不給 P 以數字的意義，惟至最後數目即自方程式中出現。薛定格以動量 P 為一算子 (operator) 即用以其後面的數量執行數學手續的符號。不管所給與它的意義若何，上述的方程式，如愛丁敦所云，似已達到或幾近於物理界中每一東西的根基 (參閱上引書第 207 頁)。

(註二九) A. S. Eddington, 見上引書第 210 頁。

(註三〇) *Physical Review*, 22, p. 243, 1928, and *Nature*, 119, p. 858, 1927.

(註三一) G. P. Thomson, *Proc. Roy. Soc. A*, 117, p. 609, 1929, & Sir J. J. Thomson, *Beyond the Electron*, Cambridge, 1928.

(註三三) The Listener, Jan. 29, 1930, p. 211。

(註三四) A. Einstein, Vier Vorlesungen über Relativitätstheorie, Braunschweig, 1922; The Meaning of Relativity, London, 1922, A. S. Eddington, Space, Time and Gravitation, Cambridge, 1920; The Mathematical Theory of Relativity, Cambridge, 1923 and 1924。

(註三五) A. S. Eddington, The Nature of the Physical World, Cambridge, 1928. 作者承愛丁敦教授惠允轉載此名不勝感激。

(註三六) Scientific Writings, p. 313。

(註三七) 兩點的距離依坐標之差 $dx dy$ 而變，若變的形式爲

$$ds^2 = g_{11} dx^2 + 2g_{12} dx dy + g_{22} dy^2,$$

則爲一理曼的空間。其中有一特殊的例，即當連續區爲攸克里曼空間時，則

$$ds^2 = dx^2 + dy^2$$

此即畢達果拿斯公理。

g_{11}, g_{12}, g_{22} 等數並非特規定了連續區的度量形式，且亦規定了萬有引力場。自可以演算這些數量的最簡單的數學形式的研究，愛因斯坦發現了重力的新定律。

(註三八) 參閱原文一九二頁及二二〇頁的註脚關於拉格朗日，拉勃拉斯與漢密爾頓。愛因斯坦曾發展普遍的方程式，這些方程式在特殊情形下，當所考慮之處既無物質又無能量存在時，則簡化爲拉勃拉斯方程式，而當能量全寓於物質的形式時，則簡化爲歐瓦桑 (Poisson) 方程式。

在普遍相對論中，一個在靜力場中運動的小質點的運動可以拉格朗日的微分方程式表之

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{x}_i} \right) - \frac{\partial L}{\partial x_i} = 0 \quad (\text{註三九})$$

惟 L 在此，非如在古典動力學中之爲動能與勢能的簡單差數而已。

(註三八) 所有物理現象的產生，無論其爲萬有引力的，或其他的，全決於一「無向的宇宙函數」(scalar world function) 此函數在使下列積分的變更等於零

$$\int \int \int g_{11} dx_1 dx_2 dx_3 = 0$$

(註三九) British Association Report, 1927, Address to Section A. p. 23。

(註四〇) A. Einstein, two articles in *The Times* of February 3rd and 5th, 1929.

(註四一) A. S. Eddington *Proc. Roy. Soc., A. Vol. CXII* (1928), p. 358.

(註四二) F. T. M. Stratton; *Astronomical Physics*, London, 1925; Sir J. H. Jeans, *Astronomy*, and *Cosmogony*, Cambridge, 1923; A. S. Eddington, *Stars and Atoms*, Oxford, 1927; F. C. Chamberlin, *The Two Solar Families*, Chicago, 1928.

(註四三) 如電子波所引起進入氦氦原子 10^{27} 個而建造一恆星所需的原子數目即平均約為前者 10^{23} 倍。

(註四四) Sir J. H. Jeans: *Eos or the Wider Aspect of Cosmogony*, London, 1928, p. 36. × *The Universe Around Us*, New York and Cambridge, 1929, p. 154.

(註四五) *Nature* LXX, p. 101, 1904.

(註四六) 原文云：Hence high-frequency ultraviolet oscillations can only radiate when they have a large amount of energy available, and therefore the chance of many units being available and radiated is very small, as is likewise the total energy emitted……譯文與原文稍有出入。因譯者以爲如此較為合體而明瞭也。

(註四七) 此句原文：Hence if ϵ be the energy of motion in the innermost level, the loss in passing from the second level to the first is $\epsilon - \frac{\epsilon}{4}$ or $\frac{3\epsilon}{4}$, and in passing from the third to the second $\frac{8\epsilon}{9}$, Leaping

over one orbit, the electron will give another series of numbers; thus passing straight from the third orbit to the first, it gives $\frac{1}{4} - \frac{1}{9}$ or $\frac{5\epsilon}{36}$.

In leaping from one orbit or energy-level to the next, the electron absorbs or radiates energy $h\nu$, where h is Planck's unit of action and ν the frequency of vibration. Since the energies lost are $\frac{3\epsilon}{4}$, $\frac{8\epsilon}{9}$ etc.

and h is constant, the frequency ν_1, ν_2 etc. must be in the ratios $\frac{3}{4}$, $\frac{8}{9}$, etc. in accordance with the

known lines of the ultraviolet spectrum, while another series, corresponding with leaps to alternate orbits, gives frequencies beginning with $\frac{5}{36}$, agreeing with Balmer's series. 顯有錯誤，故改譯如上文。

(譯註三) Optics 通常譯作光學。故 Optical spectrum 直譯應為『光學的光譜』但頗費解。查 Optics 所論者，普通均限於自紅外線至紫外線之範圍，而電磁波之射線、射線等雖亦為『光』，但並不在 Optics 敘論範圍之內。是以我們在此譯 Optical spectrum 為普通光境的光譜，以示與 X 光譜等區別。

(譯註四) 原文誤即為

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{x}^r} \right) - \frac{\partial L}{\partial x^r} = 0$$

(譯註五) 與原文略有出入，似較清晰。

第十章 科學的哲學及其展望

二十世紀的哲學——邏輯與數學——歸納法——自然律——數學與自然界——物質的消滅——自由意志與定命論——機械論的概念——物理學，意識與矯——宇宙原始論——科學，哲學與宗教

二十世紀
的哲學

哲學思想的各個線索，已於第七章中述至十九世紀，現在須追蹤到二十世紀了。

法國百科全書派所傳授的哲學，本根原於牛頓的科學，其後更與達爾文學說匯合而成德國的唯物主義。但在此以前，康德黑格爾及其信徒曾發揚一唯心主義的別派。此派在學院哲學中雖頗占優勢，但不喜科學家，而科學家的大部份亦唾棄哲學至百有餘年。

一八七九年羅馬教皇理奧八世 (Leo VIII) 曾發通諭，重建聖多瑪斯阿奎拉斯的智慧為羅馬教會的公定哲學，這使多瑪斯學派在天主教會思想中又得復活。當時曾有以近代知識或其中能為正統宗教家所承認的一部，(註一)詮釋中世紀煩瑣哲學的嘗試。這種嘗試的結果，或者可以說使煩瑣哲學與某幾門科學有了和解，但不能認為已承認整個科學的精神。所以這些結果我們暫可不論，而就其他方面的發展加以敘述。

在二十世紀的初年，多數科學家都不自覺的抱持一種直覺的唯物主義，或者，若他們對於此類問題確與以考慮，則必偏向於馬哈·皮爾生的現象主義，或海克爾或克里福特的單元進化論。

進化論在達爾文謙遜的意見中，僅為科學上的一種學說，此學說或已由天擇的假設得到一部份的解釋；但後來竟變成一種哲學，甚至在有些人看來差不多成一種信條了。進化論的生物學所給與一般思想的教訓是：任何事物都有其連續不斷的改變，而此改變若已進行至與環境不合的方向，則必有某

二十世紀
的哲學

種淘汰停止之。我們已經看見思想的各部門如何次第接受這個教訓，以及如何推廣與加深它們的意義。但這種科學發展合法的影響，并不能抬高它成爲一個哲學體系——『真實』的根基及意義。生物學及古生物學指出，在數百萬年間，從一個單簡的始祖到許多不同而複雜的種屬的進化。但進化論的哲學家，自海柏特斯賓塞爾以來，則認此爲事物的普通定律。所以進化主義雖最初僅與唯物定命論相關聯，在有一時期中，竟成爲樂觀的哲學了。即使死亡仍爲個人生命的結局，人們總可覺得其自身仍爲有機系中，或宇宙結構中，不斷進化連鎖的一環。

近年以來，進化的哲學家更已表現新的趨勢，特別是要藉生物學來作逃避物理學的機械觀點的出路。柏格森更走極端，他不但要把物理學，并且要把邏輯的固定因則，一掃而空。(註二)在他看來，生命乃不斷轉化的河流，其中的分段僅爲幻想的。真實可於生活中得之，但不能加以理解。他承認最後原因的說法，但是這些原因并不像往昔前定最終論者所主張的，而是隨創造的進化而形成的。

因此，柏格森讚揚本能及直覺而反對推理，以爲推理者，不過在生存競爭中，由自然淘汰發展出來的一個實用優點而已。這種說法，用之於本能，似更爲有力。實際上，在最有生存關係的，原始而實用的需要上，本能最爲重要。推理以及直覺與推理的有效聯合，用以促進知識者，好像僅在後期的及與自然淘汰無明顯關係的目的上，方爲有用。例如爲了科學，即爲了柏格森所援引的天演學說的創立，及爲了哲學，即爲了他所演述的一種創造進化論的哲學，推理與直覺確是必需的。

維廉，詹姆斯(William James)的實用主義，爲進化論哲學中的又一形式，以爲一信念中所謂真理的惟一考驗，即其是否有用。實用主義，把科學與宗教不能思議不能解說的，一齊規避。歸納法何以會真確，乃一困難問題。實用主義說：我們必得生存，所以我們必須假設歸納法的真確。除非我們用了過去的觀察來作將來的指南，我們必遭災害。自天然選擇的完全學說言之，宗教之所以流行甚

廣，或因有些宗教信仰有其生存的價值，所以按照實用主義的定義，這些宗教信仰是『真實的』。設如我們說，一個實用主義者會改變其信仰，以求在亨利八世，愛德華六世，瑪麗及伊利沙白的統治下得其生存的價值，那末，他的『真理』觀念已經經過有效的擴充，當非過言。或如詹姆士所說，在科學及日常生活中，有許多信仰，只有在這個意義下，即適於實用的意義下，算得真實。但此外當有其他信仰，很顯明的可以置諸他種考驗下，如直接觀察及實驗等；這樣，狹義的實用主義者所未會認識的標準，也可以用來作考驗了。

進化論主義雖自科學下推而至哲學，乃至成爲歷史學社會學及政治學的普通原則，但所有時代中的多數學院哲學家，還保守其根原於柏拉圖，經德國的唯心主義如康德學派或黑格爾學派所傳授的，古典傳說的若干形式。黑格爾以爲關於真實世界的知識，可以邏輯推論得來，而在英國，此說更爲布拉德勒 (Bradley) 所近代化，他的外貌與真實 (Appearance and Reality) 一書，出版於一八九三年。布氏以爲外貌的世界爲科學以空間及時間表述者，乃自相矛盾而虛幻的。真實的世界，必在邏輯上自相一致。故最後歸原於超時與超限的絕對。此種觀念，實遠源於拔門里得斯，忒諾，及柏拉圖時代。

約當一九〇〇年，反對此種黑格爾派思想的傾向，即在哲學家亦日趨顯著。在一方面，邏輯學家如赫塞爾 (Husserl) 曾發現黑格爾的謬誤，而否認布拉德勒認關係與多數，時間與空間，爲自相矛盾的信念。關於此點，他們與得到相同結論的數學家聯合一致。另一方面，有些反抗理智的束縛，或邏輯界古典形式主義的，承認柏格森的讚揚直覺或本能，或附和詹姆士的實用主義或澈底的經驗主義，以爲只有從經驗中能得到關於真實的觀念。這最後一種思考的路線以及數學家的思想，很明顯的與科學的展望有密切關係，蓋物理科學與哲學復行攜手的新發展，即由此來也。

馬哈於分析經驗時所持的觀念，復現於詹姆士的澈底的經驗主義中。(註三) 此觀念與邏輯中的，

知識論中的，以及數學原理中的新觀點相連合，（註四）成爲一個思想的新形式，有時稱爲新實在主義。此派哲學，主要發展於哈佛大學，它捨棄以整個宇宙物理論爲根據所得包羅萬象的系統觀念，正如科學在十七世紀脫離煩瑣哲學派時之捨棄此觀念一樣。它研究通共的問題時，先湊合小塊的知識，正如科學之研究特殊問題一樣，而當觀察或實驗證據尚不充足時，則加以假設。在它的知識論中，它不相信『真實』必須隨我們的思想爲轉移；此點是與與唯心主義不同的。但此說亦不以馬哈的純粹現象論（pure phenomenalism）爲限，它以爲科學所論的乃有持久性的真實，而非僅爲感覺及意識的觀念。在邏輯方面，新實在論以爲一事物的內在性質，并不足以使我們推論其他事物的關係。所以在邏輯及知識論方面，這新的哲學復回到分析的方法。但是最大的效果，乃爲其與數學原理聯合所產生的。羅素說：

自愛里亞的惹諾以來，唯心派的哲學家，爲欲證明數學未曾求得真實的形而上的真理，而哲學家則能供給較優的商品，曾創出種種矛盾，以毀敗數學的信譽。這種作風，康德固多，而黑格爾尤甚。十九世紀的數學家已摧毀了康德哲學中的這一部份。洛巴捷夫斯基以非攸克里得幾何的發明，葬送了康德的超然美的數學辯論。魏愛斯脫拉斯（Weierstrass）證明了連續性不包括無窮小；康托爾（Georg Cantor）曾發明一連續性的理論及一無窮大的理論，這使古來哲學家所津津樂道的詭辯全歸消滅。即康德否認算術合於邏輯之說，亦經弗勒支（Frege）證明其錯誤。所有這些結果，都得自普通數學方法，其確實可靠不亞於乘法口訣。哲學家應付的方法，就是不看這些有關的著作。唯有新的哲學方能消納此種新的結果，因而對於其長留於無知的敵人，易得辯論上的勝利。（註五）

哲學思想中這個改革的詳情，只有能追隨很專門而精深的數學的人方能領會。然其普通結果則頗爲明白。哲學現已不能單獨穩立於其自有的基礎上，而必須與其他的智識相聯合。在中古時代及許多

近代哲學統系中，它們的題材乃演繹并配合於一種預定的宇宙哲學方案裏面，新實在主義則告訴哲學家須如牛頓時期一樣，於建立自己的廟堂以前，須了解數學與科學。這個廟堂并且須是一磚一瓦的建立起來，不可希望是從雲霧中吊下來的全部構造。

新實在主義以數學的邏輯爲其創造的工具，故能以往昔哲學所不可能的方式，追隨科學中新知識的哲學意義。因此，這個新方法雖源於數學的發展，然其重要的數據則得自物理學——相對論，量子論與量子力學。茲試以非專門的術語，一述此奠基於科學的一切哲學的最近一個。

邏輯爲推理的普通科學，故應包括所有的推理的方式，雖因歷史的巧遇，而開始於演繹說。希臘學者關於演繹幾何學的偉大發現，使亞理士多德於創立邏輯時，過偏重於演繹的推論。反之，佛蘭西斯·培根因其對於新實驗方法所懷可能的希望而產生的自然反應，則堅持歸納的惟一重要。但是他仍將推理方法分爲三類，——卽自特殊至特殊，自特殊至普遍，及自普遍至特殊。米爾則謂真正的科學方法，應包括歸納與演繹，是將阿理士多德與培根的工作合而爲一了。

形而上學，可認爲是研究普通存在——意識所了解或可了解的事物的學問。心理學，是研究意識的一切的學問，就中包括意識的運用——論理爲其一種。所以照分類法，邏輯應爲心理學的一部，雖因其重要性，及其與心理學他部分別研究之可能性，至使它成爲一獨立的科門。

在近世以前，形式邏輯的大部，不過是些阿理士多德及中古學人所傳授的專門術語及三段論則的演述而已。所幸非形式的推理方法，滋育於實用科學者之中。這種方法，在其歸納與演繹的聯合形式下，開始於蓋理略。甚至在演繹方面，亦已發展至三段論法所未及預料的過程，但是邏輯學者仍依然墨守其成法。

康姆柏爾 (N. R. Campbell) 於一九二〇年曾經指出：自科學者觀之，甚至邏輯的三段論法，似亦脫不了歸納方法。(註七)今以一熟悉的例言之：——凡人都有一死，蘇格拉底是一個人，所以蘇格

拉底亦有一死。從觀察及實驗，我們發現某些軀體的及心靈的特性，是一律的互相聯繫的；這個定律我們以『人』的概念來表達。我們更發現這『人』的概念，是與『死』的特性有聯帶關係的，因此我們得到另一個定律，說此聯帶關係是普遍的——凡人必有一死。這定律可應用於個人，亦一近情的推論，而證明蘇格拉底亦有一死。但若將辯證作如是觀，則其中實含有歸納的意義。當然純粹的邏輯家，將謂大前提乃假設爲已與的，而邏輯所論者，僅爲自大前提的演繹而已。但是康姆柏爾則謂若推理而果全無歸納的質素，則此推理必不能得到科學家的信心。

傳統的邏輯，以爲每一命題，必爲指定一賓位附於一主位。這個假設甚至使哲學家如黑格爾及布拉德勒等，得到若干特殊的結論，如謂只能有一個真實的主位——大絕對——存在，固若有兩個，則此有二主位的命題，將不會指定一賓位附於二主位之任何一個。因此感覺中的各個對象，如他們的辯證，是虛幻的，而歸結於一單純的大絕對。這個主位——賓位的形式，在邏輯上的普遍性的假設，更使哲學家不承認關係的真實性，而想把它歸結爲外表相關的術語性質。因此科學（主要爲事物關係的研究）的對象，亦如感覺的對象同爲虛幻的了。

對稱的關係，如二物的相等或不相等，或可視作性質的一種表述。但是非對稱的關係，如一物大於他物，或一物在他物之前，則此說法便不能成立。因此我們必須承認關係的真實性，而此純以邏輯的理論假設世界爲虛幻者，遂歸消滅了。

或者這種字面上的辯證，無論其爲擁護的或反對的，不至使慣用科學的而更具體的論理的，感到重要，但由此遂以產生數學上的徵驗，茲述之如下。

近代數學的邏輯，始於一八五四年，布爾（Boole）創設的一種數學的符號，用以從前提推演結論。嗣後，皮亞洛（Peano）與弗勒文以數學分析證明傳統的邏輯所認爲同一形式的許多命題，例如『此人必有一死』與『凡人必有一死』，是根本不同的。以往的混亂，把事物的關係與事物的性質，

具體的存在與抽象的概念，以及感覺中的世界與柏拉圖觀念的世界，弄得模糊了。

數學邏輯使學者易於處理抽象的概念，並且提示新的假說，非此則將被忽視。它誘導出來的物理概念的理論，以及數論的新學說，是一八八四年弗勒支發現的，二十年後復爲羅素所獨立發現。羅素說：（註八）

多數的哲學家，以爲物理的與心理的，把世界的一切都包括盡罄。有些說，數學的對象顯非主觀的，故必爲物理的及經驗的。有些說，數學顯非物理的，故必爲主觀的及心理的。他們所否認的，雙方都對。但他們所斷言的，彼此都錯。弗勒支的優點，就在承認雙方所否認之點，並以認清邏輯的世界既非心理的亦非物理的，而求得一個第三種斷言。

弗勒支把事物之僅爲客觀者，如地球的軸，與其既爲客觀又爲實在而佔有空間的，如地球自身，加以區別。依此意義，則數以及所有的數學及邏輯，既非佔有空間的及物理的，亦非主觀的，但爲感覺不到的而且爲客觀的。由此可得的結論，爲我們必須視數爲類——2是代表所有成雙者之類，3是代表所有成參之類等等。如羅素的定義說：「某一類中的項數，是與該類相似的所有各類的類。」這已證明爲與算術的公式相符，而可適用於0，於1，以至於無窮大的數——這些都是其他學說所感覺困難的。至於類之是否虛設而不存在，固無關係。若以任何其他有類的定義性質的東西代替類，則上述的定義亦同樣可用。由此可知，雖然數已變成非真實的，但它們依然是有相等效用的邏輯形式。

有些哲學家對感覺世界的真實性所以懷疑，其原因之一，即在其所假設的無窮大與連續性的矛盾，因而以此二者爲不可能。固然沒有可靠的經驗上的證據，可用以證明物理世界中的無窮大及連續性，但是於數學推理上，它們却是必需的，而哲學家所假設的矛盾，現已知其爲虛幻了。

連續性的問題，實際就等於無窮大的問題，因爲一連續的級數，必含有一無窮多的項數。畢達果

拿曾遭遇了一個疑難：他發現一個直角三角形的弦的平方，等於其二邊的平方之和，故若三角形的兩邊相等，則弦的平方，即等於邊的平方之三倍。但畢達果拿學派不久又證明一個整數的平方，不能爲另一整數的二倍，如是則邊的長度與弦的長度，是不能以整數相約的。畢達果拿學派原相信數是世界的素質，據說得此發現以後，即大感沮喪而諱莫如深。嗣後，幾何學從新建立於攸克里得所採的基礎上，不應用算術，故得免此困難云。

德卡爾幾何學 (Cartesian Geometry)，回復算術的方法，而其發展則在利用『無理數』(irrational numbers) 作不可互約的長度的比數。這些數目，證明與算術的原則相符，遠在近年得到滿意的定義，與不可約的問題解決以前，即爲人所用而深信不疑了。

我們更可以普通的方法，指出近代的數學家如何構成無窮大的學說，使自惹諾以來論哲學家所喋喋不已的非難，歸於消失。這問題主要是數學的，在數學的方法尚不夠精深以前，這問題是不能研究，甚至於不能提出的。

無窮級數及無窮數，在近代數學的初期，即已出現。它們的性質，有些看似希奇，但數學家並不以無窮大的觀念爲虛幻，而繼續用它，後來遂得到他們方法的邏輯根據。

關於無窮大所感覺的困難，一部份由於字義的誤解。此誤解，乃因將數學的無窮大，與非數學的哲學家所想像無窮大的模糊觀念——與數學問題不相干的觀念，混爲一談所致。照字源說：『無窮大』的意義，是沒有止境。但是有些無窮級數（例如過去時刻的級數止於現在，又如無窮的點組成有限的線）有止境，有些則沒有，又有些數的集合，雖爲無窮，而非級數。

其他困難，乃原於欲以有限數的性質，如可以數清的性質等，應用於無窮數。無窮級數雖其項數不可勝數，但可自其自身數類的性質求得之。並且一個無窮數，不因有所加減，或甚至乘除，而變大或變小其值。今若將所有數字 1, 2, 3, …… 齊一橫行，而將所有偶數 2, 4, 6, …… 在其下面

另書一橫行。兩行的數字相等，但下行乃從所有數的無窮集中，取去無窮的奇數所得的。這樣，全體顯然不大於其一部。此種矛盾，使哲學家否認無窮數的存在。但是所謂『大於』，其意義頗為含糊。在此的『大於』，乃『含有較多項數』的意義。在此意義上，全體固能等於其部分，而無自相矛盾之病。

近代無窮大的理論，爲康托爾於一八八二——三年所發展。他證明有無窮個不同的無窮數，而較大及較小的觀念，通常亦可應用於無窮數。有時當此種觀念不能應用時，則必有新問題發生。例如一長線所含數學上點的數目，與一短線所含的相等；這裏所謂較大較小，並非純粹算術的，而含有幾何上的新觀念。

哲學家所遭遇的困難，大部起於假設有限數的性質，能應用於無窮數。如果有限的時間及空間，爲有限數目的頃刻及點所組成，則惹諾的辯證或可眞確。欲求避免惹諾的矛盾，我們可以(1)否認時間及空間的眞實性；或(2)否認空間及時間爲點及頃刻所組成；或(3)堅持若空間及時間爲點及頃刻所組成，則點及頃刻之數爲無窮。惹諾及其許多信徒擇第一類，而且他如柏格森等則擇第二類。

但是從其他的理由，無窮數，無窮級數，以及不含連續項的無窮集數之存在，是必與以承認的。例如我們可以 $1/2$ ， $1/4$ ， $1/8$ 等的次序，寫列一個小於1的分數級數，但在每兩個分數之間，尙有其他分數，如 $7/16$ ， $3/8$ 等等。在此級數中，沒有兩個分數是相連的，而它們的總數目是無窮的。然而所有它們數值的總和，還是小於1。因此我們必須承認在超於一個無窮級數之外，確還有數的存在。惹諾所說關於線上的點數之種種許多可應用於這分數的集數。我們不能否認分數的存在，因此我們欲求有效的避免惹諾的矛盾，則不得不尋求一無窮數的優良理論。

數學中的無窮數，是在可以勝數的數之外的。無窮數不能從一個數到下一個數的連續步驟達到。它們存在於數類中，只能以數學的術語來下定義，數學的方法來加考驗。但凡有資格判斷的，都一致

承認數學的邏輯及無窮數的數學理論，確已在正確之路上進展。陳舊的邏輯辯證，謂感覺的對象與科學的定律為虛幻的，今已證明其不確了；這一問題仍未確定，故須另以他法研究之。不管許多唯心科學家的教訓是怎樣，欲待先天的心理運用以測知外界的真性，實不可能。科學的觀察與歸納方法，為必需的了。

從個別的現象以求概括定律的步驟，是為歸納法。邏輯中講求歸納法之部，在實驗科學中尤為重要。從以前各章所述，我們知其已為許多哲學家所研究，就中以阿理士多得及弗蘭西斯·培根最為有名。

培根讚揚實驗，以為概括的定律，幾可以機械式的程序確定的建立。懷疑的休謨，則以為若用歸納法求新知識，即使歸納法完成其合宜的任務，有時亦將得到誤差的結果，因此，所得的定律，只可說是多少近真的，而不能認為十分確定的。但不管休謨的意見如何，科學家及若干哲學家，則仍以歸納法為探求絕對真理的道路，甚至米爾亦持此信念。他以歸納法奠立於因果律之上，而認因果律確已為許多確具原因的事蹟實例所證明。惠衛爾以為經驗只是證明相當的概括（Generality），而非絕對的全稱（universality），但若再加以必需的真理，如算術原則，幾何公理，及幾何演繹的應用，則全稱亦可求得。當然，這些見解都是在非攸克里得空間發現以前的。（註九）當時雖有惠衛爾的警戒，但米爾的見解，似仍為當時一般的代表。如亨利·潘嘉瑞（Henri Poincaré）說：（註一〇）

自一膚淺的觀察者看來，科學的真理，是毫無疑問的；科學的邏輯，是決無錯誤的；學者之所以有時錯誤者，乃因未認清其原則也。

科學的功用，在追溯各種現象間的關係，或更適合的說，在追溯表述各種現象的概念間的關係。但當我們，比方說，已發現氣體壓力的增大，將使其體積縮小時，則我們亦同樣可以說，氣體體積的縮小，將使其壓力增大。（註一一）凡是我們先想到的變更，在我們的意識中似認為原因。由此可知原因

與效果意義的雙關了。惟當此中含有時間的因素時——即當相關的事蹟之一。在其他事蹟之後時——則我們的意識，遂本能地把前件 (post hoc) 認爲事因 (proper hoc)。但如此，則要將一長串的前項情形——都是該事蹟發生的必要條件——從一事蹟的真實原因分開成爲不可能。尤有進者，相對論已經證明，在『此地——此時』的一事蹟，只能作絕對的未來中事蹟之因，與絕對的過去中事蹟之果。如在第十四圖（見三九三頁）中立區域中的事蹟，與一『此地——此時』的事蹟，不能有因果的關係，因如此，則其效應的傳遞必將超過光速而後可。（註一二）並且若用因果原理建立歸納的正確性以爲追尋絕對真理的嚮導，則依照邏輯，此原理自身便不能用歸納方法與以建立。因此，米爾的辯證基礎遂動搖了。

的確，歸納方法敘述起來雖覺容易，而要建立歸納在邏輯上的真實，則頗困難。歸納方法，確非培根式的。惠衛爾指出歸納的成功，在乎出發時須有正確的觀念。識見、想像力、或且天才，是需要的：一以選擇最優的基本概念，與分類其各個的現象，使其適於歸納的運用；（註一三）再則設計一個臨時的『定律』，作爲進行工作而可以將來的觀察及實驗與以考驗的臆說。

茲試以實例說明之：阿里士多德的物質及其性質，天然位置等等的觀念，不能用作動力學的觀念，若說它能衍導些什麼，則它所衍導的，只是些假的結論，如謂重的東西墜落得較快之類。自是以後，毫無進步可言。直至蓋理略及牛頓捨棄整個的阿里士多德的方案，而自混亂之中，擇取距離或長度、時間及質量作爲新的基本概念，纔能以物質及運動的術語來考慮這些問題。

蓋理略用距離及時間及其導出的速度作工具，於一度失敗之後，猜得落體的速度與其降落時間的正確關係，推演其數學的結果，而與以實驗的證明。牛頓再加以質量的概念——本隱含於蓋理略的工作內的——成立運動諸定律，又由此演繹爲動力科學，廣遍的得到觀察與實驗的證明。

正確概念的重要，及有了正確的概念，更與以正確定義的重要很是明顯。所以潘嘉瑞以爲我們對

於時間的測量，會不自覺地選擇自正午至正午，而非自日出至日出，也只因為如此，方便牛頓的動力學成爲可能。（註一四）而反對此說的，如懷惕赫德及理奇（Ritchie），則認意識爲仲裁者，而我們對於各個時間相等的直接感覺，就是測量的基礎。（註一五）

正確的概念既已擇定，則概念間的若干關係，如蓋理略所見的或許即可出現。這些關係，或其邏輯的演繹，即可以實驗測驗之，而其中有些或可即得證明。於是簡單的定律因以建立，而新的論題也就開始形成了。每一已證明的新關係，又引起新的實驗；實驗知識的增加，又需要及引起新的假設的關係。規劃近真的臆說，需要識見與想像力；推求臆說的結果，需要邏輯與數學本領；測驗臆說的真確，需要忍耐，毅力與實驗技巧。的確，如 N. R. 康柏爾所說，歸納是一種藝術，而科學是藝術中之最高的。

從第八章所述近今生理學及心理學的工作看來，如持『行爲論』的觀點者，以爲歸納所本的基本作用，與心理學的『條件反應』（“conditional reflex”）有密切關係。嬰兒觸火受傷後，將來必知避火。如他觸火時，火在爐內，則他亦將避火爐，即使爐內無火時亦如是。他前面的歸納是對的，後面的是錯的，雖然二者都是從一個特殊的例子所得不合理的概括。相似的结果亦可自動物中見到；但是無論其爲動物或爲人類，這些，在最初不過是本能的；這些作用的理論及其語言的表述，則在很後才有，此或即弗洛得學派（Freudian）所說的『理性化』（“rationalization”）——即創設某種或優或劣的理由，以證明我們所慣於作爲者爲合理之謂。有人以爲這些簡單的例子，或可表明甚至解釋科學所需要的遠較複雜的歸納。這些觀念，在某一意義上，乃心理學中『行爲論』的推廣，而或將與那些多少認識作用爲機械的觀點，同其存亡云。

我們今試一觀歸納法的真確性何如。近年來，尤有是克因斯（J. M. Keynes），曾以或然率的數學理論應用於此問題。（註一六）克因斯的主要問題是：歸納是否如米爾所云，只要根據於若干數目的實

例即爲已足？

克因斯所得的結論是：一個歸納的或然率，確隨實例的數目而增加，惟其原因並非如米爾所舉的簡單理由，而是因實例愈多，則自首至末將愈少第三種變更因子的存在，因此各個實例之間，除所考慮的特性外，或將愈少共同之點。要這樣增高歸納的真確性，必須每一新的實例有其獨立性，換言之，即非自其他實例所推得的必然結果。一個歸納，可因實例數目的增加而趨於確定 (certainty)，但欲與此語相符，我們必先證明或假設我們所欲建立的概括的內在或然率，本身並非無窮的渺小。

於考驗上述的假設時，克因斯所持的觀點，謂對象的性質，如數種孟德爾的單位體，必須結合爲羣，於是可能有的獨立變素的數目，遠較性質的總數目爲少。這個原理，於應用統計以建立定律時，亦頗需要。實際在所有科學的知識中，除由純純數學所得的而外，都很需要。因此，依照克因斯，如一對象只有一有限數目的獨立性質，則我們必須假設一有限的或然率，或依照倪可德 (Nicoed)，假設一較某一指定有限數目更小的數目。(註一七)

布羅德 (O. D. Broad) 亦曾以或然率的方法，處理歸納。他曾試行證明：除非我們持有若干實在論者的信念——例如有些假設謂科學的『定律』乃講求感覺與概念中有持久性的對象者——『否則，欲求證實我們對於「已確定的」歸納得到的結果所感的信賴，是不可能的。』(註一八) 澈底的經驗論者，或現象論者，或可答說：此種信念，雖可用以指示將來甚麼是近真的，但往往證明其爲錯誤的。

若歸納成功，則將與我們以工作的臆說，臆說若爲觀察或實驗所證實，則成公認的學說；而最後遂得躋諸自然律之列了。

自然律在哲學上的重要，曾爲人所誇大。這個須要十八世紀法國百科全書學派負大部責任的誇大，繼續保持到十九世紀末葉。此後主要在馬哈的影響之下，科學思想之擺，乃猛搖至另一方向，而

自然律遂變成只是經驗的縮寫，與感覺的常規而已。

近代的觀點，介乎這兩極端之間。例如康柏爾於一九二〇年，審慎分析臆說，定律及學說的意義時，曾舉出理由，說明爲甚麼相信：以學說與事實較，學說雖爲一般所稍形輕視，但一只憑『事實』所得的經驗定律，並不能引起多大的信賴；然當此定律能爲一已公認的學說所解釋時，則信賴遂油然而生。（註一九）這樣的定律，固不只是感覺的常規而已。

康柏爾以爲定律有兩種：（1）各種性質的一致聯想，例如『人』或銀的概念中所含蓄的性質；（註二〇）（2）各個概念間的關係，往往以數學的形式表之。米爾及其信徒，只講求第二種定律。『他們以冗長的論文，解釋我們如何發現電花激發氣體中爆炸的定律，但並不以爲我們如何發現確有電花，爆炸及氣體存在的定律（在他們的討論中曾假設這些知識）一問題，值得甚麼注意；然而這種後述的定律，却爲科學上遠較重要的。』（註二一）凡未嘗畢生盡力於科學工作的人，當然沒有感到各種定律的相對重要性。

自休謨以至克因斯的工作，對於歸納方法所作的審慎考驗，已證明歸納的科學雖不願承認自己的限度，但亦只能求得多少近真的結論。有些概括的或然率很大，但是無窮大的或然率（即十分確定的），是決不能達到的。不多年前，牛頓重力定律的精確以及化學元素的持久不變，原被認爲毫無疑問的，而事實上，這兩個原理可爲真確的或然率有若是之大，至使我們於劇烈爭辯中，將願以最後一文，爲其真確性作賭。然而愛因斯坦與盧塞福已經證明我們是錯了，而我們的金錢，遂將輸給那顯然是愚行，但亦真正是愚行的魯莽賭漢。

由此可知，經驗證明近代的理論是對的，並且進而指出由歸納所得的概括或定律，即使已得普遍的公認爲真確，亦只可視作或然率。因爲哲學定命論的證據，多以自然律爲全真的信念作根據，所以這問題頗有其重要性。的確，在此聯繫上所用的『定律』二字，頗易引起誤解，而已有其不幸的效果

了。它授意着一種道德上的義務，叫現象『服從定律』，而同時暗示着一種觀念，以為當我們發現了一個定律，我們即已發現一最終的原因。

從二十五年前物質及能量不滅一類定律或概括所處的堅強地位，以及此後在觀念上所生的變化看來，下面從著者所著另一書（一九〇四年初版）上的引文，或覺有趣。（註二）

一方面從物理學的觀點上，我們完全承認此種概括的重要；但另一方面，我們還須十分審慎的如何與它們以某種形而上的意義。在某種規限的情形下，物質及能以外的其他物理數量，也可以不生不滅。例如在純粹力學中，我們有動量——為質量與速度之積的別稱——的不滅。又如在物理或化學變化可以同等的自由向任何一方向進行的可逆系統中，熱力學指出另一數量——即克勞息斯所稱的熵——的不滅。動量及熵，只有在特殊的情形下是不生不滅的；在物理系統中，可見的質量之動量往往毀滅，而在非可逆的過程中，熵量恆趨於增大。

質量與能量在我們所知的情形下似為不滅，而且我們亦可有權把它們不滅的原理，擴充到那些情形可適用的所有例子。但是也許在某種未知的情形下，物質及能量或者可生可滅。我們並不能說這種我們未知的情形，是決無其存在的。一個飄行海面的波，似為持久不變。它保持其形式不變，它內含的水量不變。因此我們或許可以說『波的不滅』，而這種說法亦或許如我們說物質的最終質點不滅的同樣近於真理。然而波的不滅，只是一外表的現象。波的形象固然真是不變，但是波內的物質則常在改變——其改變的方式，在使接連的各部物質，一個接着一個的採取相等的形象。像這種意義下所謂質量不滅的例子，實在不少。

再者，如著者於多年前教授熱及熱力學時所述：更有另一理由，說明若給與這些不滅原理以過分的哲學重要性，是危險的。當意識在許多未經整理的混亂現象中摸索，而試尋求一規律的根據時，質量與能一類的概念，遂自然的呈現，蓋因它們是常量，而在一串過程中保持不變。於是意識把它們從

混亂中提出，作為使用的物理概念，而建立知識的方案於其上，因此它們遂得進入我們物理學說的構造。於是有實驗家，如拉瓦希或喬爾者出，以其偉大的天才及勤勞，重新發現它們的常恆性，而建立物質及能量不滅的定律。

這些觀念，在二十五年以前視為奇異的，今則已得一般的公認了。它們中間有些演成的現代形式一部，已如上述，而他部所需的新證據，則將於下數頁中述之。

康柏爾說科學的起首，在乎擇取可得普遍符合的論斷，可得發現規律的領域，以為其研究的資料；雖然在其推理的每一步驟中，要滲入個人的或相對的因素，而致有發生誤差的可能；但由此遂可求得科學上最高的成就，正如在藝術中的一樣。（註二）

愛丁敦曾將相對論所賜與我們對於自然界的模型，及其定律之意義所必有的結果，與以分析。（註二）我們以關係及相關的事物，表述自然界的構造，而以若干坐標表其可能的組態。欲從含有此種坐標的方程式，求得與我們意識相適合的物理世界的模型，則我們覺得其最良的數學方法，即為漢米爾頓所創設的。愛丁敦說：『這實在是從一無形式的背景中，創設一活躍世界的象徵。』在基本的關係中，似無必求此特殊方法的地方，但於遵循此法以後，我們遂能構造與不滅定律相符的東西。這些東西，即為在繼續追求甚麼是永久者的意識所擇取——因此而得質、能及波的概念了。

在此方法內，我們並不涉及原子，電子或光子；但在力場的物理學方面，則其構造固已相當完備了。那些力場定律，能量、質量、動量、及電荷的不滅，萬有引力定律，以及電磁方程式，都照着為它們所演的方式與現象以描寫。它們是真理的各面，或彼此相等的東西。因此愛丁敦以更精深而普遍的分析，已證實了著者多年以前對於質量及能量不滅的特殊例子所持的意見。

愛丁敦將自然律分為三類：

(1) 全等的定律 (identical laws)——如質量或能量不滅一類的定律，自其創立的方式，可認為

數學上的全等體。

(2) 統計的定律 (Statistical laws) —— 凡敘述多數羣衆，不論其爲原子或人類的定律。我們對於機械觀念必要的感覺，大部是因爲到最近爲止，我們只能以統計方法研究巨大數目的原子所致。自然界的一致，乃多數平均的一致。意識曾設計了一個自然界的模型，以求滿足此種定律。

(3) 超越的定律 (transcendental laws) —— 那些並非顯然全等的，而包括於我們設計模型的方案之中者。它們處理原子，電子及光子的個別性行。它們所求得的东西，並不一定是永久性的，而爲如作用量一類的東西，強迫我們的注意；但因其不能爲我們的意識所直接領悟，故頗覺格格不入。

愛丁敦倡說：或許我們所認爲如作用量等概念的粗鄙與不易領悟，却爲我們最後已接觸真實的象徵。若果如是，則在科學上，我們幾已被帶回到德徒鄰 (Tertulian) 學派的神學格言——信其不可能者。

傳統的與數學的邏輯，領導我們去研究歸納及以歸納法所得自然律的眞確性。我們現在必須以所得的結果，一考關於知識的普通理論。在第七章中，我們已見馬哈及皮爾生如何將知識一問題，重新提起科學人們的注意，而試將當時盛行的粗淺的實在主義，轉變爲感覺論或現象論——一種信念，以爲知識乃感覺及感覺複體所組成，科學僅爲現象的一種概念的模型，僅足便我們蹤跡感覺的常規而已。

這種論調，當然就等於洛克休謨及米爾的觀念的復活，但對於當時的許多人，似爲一新的發現。漠視哲學的科學家，對其工作的意義，大部抱持常識實在論的模實觀點，但也有些採取物理學家及數學家，如馬哈及皮爾生的意見，因之在十九世紀的末年與二十世紀的初期，現象論乃成爲相當的風尚。

但是，當時並非所有的人都如馬哈的走極端。如作者於一九〇四年曾指出，科學以其自身的方法，雖不能逃出現象論的範圍，但是形而上學則頗能利用科學的結果，以作其一派實在論的真實的辯證。（註二五）

科學自身，只能以我們自有的普通感覺的印象，執行觀察及進行測量：

例如電流計，初視之似已給與我們以一種對於電的新感覺；但若再加考慮，則知其鏡上的反光在尺上行動時，它不過將未知的，譯作我們視覺所能了解的語言而已。（註二六）

以近代的術語說來，物理科學所講求的，僅為或相當於指針的讀數；而其由觀察或從數學演繹所追溯的關係，乃一個指針讀數與另一個的關係而已。

科學的分為若干科門，頗為一牽強之舉；已有的各科門，是我們對於自然界概念的模型的切面或更切合的說，是我們用以求得一個立體模型的觀念的平面圖。一個現象，可以各方不同的觀點來觀察。一根手仗，小學生觀之，為一長而有彈性的棒桿；自植物學者觀之，為一束纖維質及細胞膜；化學家認為複雜分子的集體；而物理學家則認為電子的集體。神經衝動，可以物理的、生理的或心理的觀點來研究，而不能謂其中之某一觀點更為真實。一切現象的力學的解釋，所以被認為可能而且基本者，乃因力學為物理科學中發達最早的；而其概念，方法與結論，又為一般人所易於了解的。然而力學並不比其他科學更為基本，實際上在一九〇四年，物質即已被析為電了。

由此可知，歸納科學的工作，在為大自然裝置一概念的模型，而科學以其自有的方法，不能達到形而上的真實問題。但是為各種現象建立了一個一致模型的可能性，却已為一強有力的形而上的證據，說明各種現象之中，亦必有如此一致的真實性存在，雖此真實性或與我們的模型非常不同，蓋以我們能力的限度及我們意識的性質，使我們的模型必為慣例的，而非真實的。雖多年以來，欲以語言的邏輯證明感覺的對象與科學的模型為虛幻的努力，已知其為錯誤，但粗淺的實在論，以為科學甚至

常識所見的事物即係真實如此者，亦顯非確論。康伯爾則以為科學觀念中的真實，與形而上學的不同；就科學而論，其自身的概念已足夠真實了。

唯實主義與現象主義的爭論，如以前所進行者，其癥結實在一般概念與其對象的混淆，如謾爾 (G. E. Moore) 在其唯心論的反駁 (Refutation of Idealism) 一書所表示的。(註二七)謾爾堅持一個不待證明的事實：當我們看見，則我們必看見某種東西；而我們所確看見的，決不能與我們所想像的相同。他更證明：這事實可駁倒大部當時唯心派的辯證。布羅德說：『我們所看見的，確乎存在，而且擁有它被看見其有的性質……我們所能說的最壞的話，就是說這也非真實的，換言之，就是當它不是某人想像的對象時，它就不存在，但是並非它絕對不存在。』(註二八)我們所看見的或為一手仗，而物理學家從分析的觀點嚴格觀之，則以分析為電子或波羣；但是這些物理的觀念，決非我們對於手仗的想像。從一個小學生看來，確有一長而有彈性的棒存在。由此可知，謾爾及布羅德從另一途徑，把我們領出黑格爾的唯心論及馬哈的現象論，但不復回到常識樸實的實在論及十九世紀的科學，而回到一個有更繁雜形式的實在論，既承認感覺所覺到的對象於被覺到時的存在，同時又與在近代數學及物理學上所建立的哲學相符合。

羅素與懷惕赫德於一九一〇——一九一四年，發表其偉大的著作數學原理 (Principia Mathematica)，而於以後的幾書中，更發展其隨之而得的對於自然界的觀點。這觀點或可以最簡短的形式略述如下：我們對於物理世界的知識，構為一個抽象。我們可以設構那世界的一模型，而追尋其各部的關係。我們不能以此法闡明『真實』的內在性質，但能推想其中必存有與我們所想像者無涉的東西，而且其各部間的關係，以某種未知的方式，與我們模型中的相當。

這種新實在論，溯源於洛克。他初用之於心理學，而後用之於範圍較小的哲學問題。近代的實在論者，不再從假設整個的哲學體系出發，而再由此推演其特殊的應用。他們應用數學、物理學、生物

數學與自然界

學、心理學、倫理學——及其他任何應手者——研究個別孤單的問題，而僅如歸納的科學，慢慢的配合其結果。由此可知，在哲學上亦如在科學上一樣，其真確性的惟一考驗，輒為自身一致。

要把近代知識論對於科學的貢獻與以詳盡說明，我們不但要考慮歸納法，而且須考慮數學的演繹法。數學如何能從測量與機械技術的粗淺事實（其中並無點、面、實點、及暫時組態一類理想的東西存在），求得其點、面、實點、及暫時組態等理想的抽象呢？數學更如何能用從分析抽象所得的知識，以推闡粗疏的世界，而竟得到如數學物理學的成功呢？

這個與其他關於自然科學的哲學問題，懷惕赫德的貢獻很多，而尤以其『廣義的抽象原理（'Principle of Extensive Abstraction'）』（註二九）所述者為最。茲略述其概要如下。惟對於數學原理不感興趣的，可刪去此節不讀，亦無損於本書的連貫性。

科學不管任何數項的內部性質，而僅講求其互相的關係。因此任何一組數項若具有一組相互的關係，與他組數項所具有的相同，則此二組數項相等（equivalent）。無理量，如 $\sqrt{2}$ 及 $\sqrt{3}$ ，在數學中可以數視之，因為它們遵照整數所遵照的同一加與乘的定律。所以在此意義上，它們是數。

又 $\sqrt{2}$ 與 $\sqrt{3}$ 普通定義為：平方小於 $\sqrt{2}$ 或小於 $\sqrt{3}$ 的有理數所組成級數的極限。但我們不能證明此二級數確有極限，而此定義實等於虛設。反之，若我們定義 $\sqrt{2}$ 與 $\sqrt{3}$ 非為級數的極限，而為級數的本身，則我們求得的數量，含有意料以外的內部構造，但確實存在，而且可以證明其彼此之間，及與其他算術數量之間，具有相互的關係，與一般定義的 $\sqrt{2}$ 、 $\sqrt{3}$ 所具有的相同。因此，這新的定義，可用以代替舊的。

懷惕赫德證明最初為無理數所發現的原理，亦可應用於幾何學及物理學。例如關於點的老問題：一點可定義為一組同心而向內縮小的球所成級數的極限。這定義，於幾個目的上，頗為有用。但是體積無論小至甚麼程度，究竟還是體積，而此定義遂不免與其他目的上需用的定義，謂一點只有位置而

無數值，相衝突了。

今若我們定義一點非爲體積級數的極限，而爲此級數的本身，這樣定義的點，即通常所謂該系統的中心。於是我們所得的數量，彼此間將呈現相互的關係，與前兩個老法所定義的點相同。因此，定義所引起的矛盾，遂得避免，而這些新的點所具有的複雜的內部構造，當可不成問題，因科學不關涉內部構造，只講求其各部的相互關係也。

用這樣的方式，懷惕赫德證明了能以感覺覺得而數學上不能用的東西（如實在的體積、棒棍、或微粒），與數學上能用而不能以感覺覺得的（如無體積之點，及無寬度之線），但爲幾何學及物理學所必須用以表述的東西之聯繫。

這種思考的方法，把多年已建立的熱力學的方法，向我們重提。熱力學認一個系統的內部構造爲不相干，而實際上確是不相干。其所關涉的，僅爲該系統吸入及放出的熱量及他種能量。分子學說則與該系統的內部性行以一種說明，但熱力學對此說明之是否確實，則無話可說。今若能設計一其他學說可與以同樣的外部關係，則其於熱力學固無絲毫分別。關於此點，在溶液學說中有一好的例子。

（註三〇）

范霍夫曾以熱力學證明：溶液的滲透壓力，與普通的氣體壓力，具有相等的數值，而且遵照同樣的物理定律；因此有許多物理化學家，遂假設范霍夫的學說所指示的，必爲壓力發生的原因應爲相同，即分子的衝擊。但熱力學上的關係，自然與任何「原因」相符合——化學愛力也好，分子衝擊也好。

茲請於物理研究的最近發展中，更舉一例。海森堡所用的數學與薛斐丁格所用的，確是殊途同歸，雖前者採用波耳的電子及能階，但不用其電子軌道，以求原子的構造；而後者則採用波動力學的基本觀念，以解決同一問題。在這裏，這兩個關於原子內部性質的觀點，用相似的數學方程式演

出，雖其所用的物理概念不同，但在科學的最終目的上，則完全相等。

此種結果所指示的哲學意義是：我們一方面必須以保留與審慎的態度，去承認各時代用以代表關係量——即遵照各物理關係的數量——的想像的模型，而他方面則對於科學所給與我們這些關係的有增無已的知識，可以隨意利用而感覺增高的信賴。這種知識是一個或然率的問題，不過這個或然率有致的成分很高，而且大部在很快的增高。它是已夠優良而足資運用了；關係的真理固不依賴關係量自身的真實呵。

到十九世紀的末年，牛頓的堅而有質的質點，以十九世紀的原子的地位，被馬克斯威爾認為製造的物品者，已暴露其不能與事實相符的缺陷了。開爾文的旋滲原子與拉摩爾 (Tannor) 的以太應變中心，都是欲以更基本的術語來表述當時認為最終的科學概念的嘗試。

馬克斯威爾光為電磁輻射的證明，預示了以太為有彈性的固體之理論的死刑，而J. J. 湯姆孫的質點與羅倫慈及拉摩爾的電子的一致，亦同樣地把物質歸原於電。無疑的，世界已更成為難於了解了。當時的人們，固以為他們確知甚麼是有質的原子，甚麼是空闊以太中的橫波；而對於電的內在性質或電磁振動的意義，則不得不自認為所知甚少。

在次一時期內，電子與質子在物理的新學說中，應用日見成功。運用既多，它們遂成熟悉的觀念，直至波耳及桑茂菲德幾乎以為他們奇妙的原子模型，為當然不是形而上的真實，而確足以代表物理學的真實。但在他們尚未做到此層以前，他們的學說即行動搖；同時海森堡的工作，證明行星或電子觀念的基礎內，包含了多少未經證實的假設，而且我們又把牛頓天文學的先入之見搬入原子物理。關於原子我們所真正知道的不過是進出於它們的東西。電子之於我們，不過是輻射之源與輻射的吸收者，我們只能於其不連續的放射能量之際，去偵察它，研究它。對於我們，它們是輻射，一切不過如此而已。從另一觀點，得布勞格里與薛裏丁格亦曾以數學上與海森堡的相通的方法，將電子析為波動

系統。

但是我們不要忘記了歷史的教訓。熱力學免除了原子的概念，而沃斯特伐 (Osterwald) 於新物理學開始採用絕端形式的觀念的前夕，乃至爲唯能論辯護，而倡議廢除此種概念。我們對於原子構造的問題，或有一日求得新證據的可能。但是已有多方的證實，表示自然界的物理模型，已達到了限度。至少在今日，新量子力學獨掌霸權，我們不得不把現象的解釋，付諸數學的方程式。

按往昔物質的觀念，物質被析爲分子及原子，原子又被析爲質子與電子。今則又已將這些化歸爲輻射之源或波羣；化歸爲由一中心向外進行的一套事蹟了。至於存在中心的是甚麼，載波而行的介質是甚麼，（若假設波動方程式確涵着介質中之波的意義）我們却毫無所知。並且關於這些組成電子的波系可能知識的精密度，似有一基本的極限。我們若從方程式算得一電子的精確位置，則其速度遂成不定；若算得其精確的速度，則不能精密的規定其位置。這個測不準性，是因電子的大小，與可用以觀察它的光之波長，有一種關係的原故。若光的波長大，則不能看得電子的精密界限；若將波長減小到可得精密的界限，則輻射又將把電子踢出其原位。在這裏，似乎有一個不能達到精確知識的最後極限，一個根本不能克服的測不準。人類的知識好像已逼近於最後限度了。

相似的結果由相對論也經達到。往昔的哲學家，以爲物質在實質上是佔有空間的東西，而空間爲經久不變的。但是今日則以空間及時間爲與觀察者相對的，無一個宇宙的空間，亦無一個宇宙的時問。三度空間中不滅的物質或電子沒有了，而爲四度時空中一串的『事蹟』；這些事蹟有的似乎以某種方式相關連，而呈現爲一種經久的神情，如海中之一波，或爲一樂調。超越距離的力，特別是萬有引力及其『解釋』的需要，也都消逝了。只有微分的關係，聯繫着時空中鄰近的事蹟。物理的真實，化歸爲一組漢米爾敦的方程式。往昔的唯物論，消聲滅跡；而甚至一時用以代替物質微粒的電子，亦已變成了失落肉體的靈魂——僅有波的形式，甚至不是我們所熟知的空間之波，也不是馬克

斯威爾的以太之波，而爲我們意識所不能以可領悟的術語來想像的四度時空中之波。

並且，即使做了失落肉體的靈魂，它們的生命仍很短促。惟一已知的原因可以解釋太陽及其他恆星所放出巨量的輻射能的，就是質子與電子的相互毀滅。我們地上的物質，或爲不能復燃的死灰，但在五千萬度的恆星溫度下，質子與電子或可互相毀滅，而宇宙中大部的物質或須化成輻射。由此可知，十九世紀唯物論者所認爲如此熟悉，抗變而永存的物質，今已變成不可思議的複雜體了。它以微小電子的形式，散佈於原子中廣大空洞的空間；或以波羣的形式浸透於原子的全部，而且更在化作輻射而繼續消失；即專以太陽而論，亦以每分鐘二萬五千萬噸的速率在消失。

自由意志
與定命論

人是否爲一機器的问题，已於第八章中以近代生物學的觀點討論過了。有些生物學家還堅持生命的活動不能以力學、物理學及化學與以全部的說明，但表現一個爲生物所特有的功能的配合或總和。機械論者則答稱：生理學及心理學已一部一部的爲生物物理學及生物化學所歸併，而此進程似可永無止境。更有等三種的意見，承認物理的與化學的機械論，確爲知識中科學進步的必要假設。但此種意見，或流入廣義目的論中新生機械論的目的論，或採取對該問題的主觀論者的見解，而認物理學、生物學及心理學都是隨所遭遇的問題，而從各方面研究整個人所必需的各種觀點。

自歷史方面觀之，我們已見生機論與機械論更迭的互相消長，甚至自希臘的哲學家以來，即已如此。但雖未得定論，我們對於此問題的真實性質，則已得到較以前任何時期更多的證據；即使我們不能將其解決，至少亦能與以更清切的演述。

如理奇所說，(註三)生命很奇怪，爲其物理環境所轉移，但在若干點上，又不受其環境的影響，而與任何無生命的東西不同。有理性的人所首須自處者，即必須認其所知者甚少，而不知者甚多爲滿足：

任何一個抱樂觀態度的人，一見生命與物理的環境關係密切，……遂以爲他離任何問題的解決

都已很近，這是很自然的。他以爲他正在對着生命的最內衛城作最後的攻擊，但當戰爭的狂熱過去而他能清查其成就時，則知其所攻擊者，僅爲一不足輕重而幾未設防的外城，最內的衛城，則仍如以前的相距甚遠。

但是，如理奇繼續的說：「重要之點，乃是『機械的』方法，究竟還能與我們一些知識，事實上，幾乎給了我們所已有的知識。」要在生理學或甚至心理學上研究成功，必須假設以後的問題，都可以力學的，物理的，或化學的與以攻研，雖然這個假設不必拘束我們對於整個哲學的或甚至生物學的問題的觀念。新生機論者，固依然可以主張生命中作用的調節，乃在求得每一生物正常狀態的維持或孳生，而其調節的方式，則超乎物理學或化學的能力。他如霍爾頓教授等，也依然可以辯說機械論既不足爲一完全的解釋，而生機論者所強調的調節，又爲一機械的環境的結果。由此可見，機械論與生機論，都歸失敗。但是『真實』的內在性質，包括「總積或配合」，特別是生物中所表現的。(註三)也許適應環境的觀念，曾爲克勞德，本拉得及其信徒所應用而大收效果的，其在生理學中的重要，與物質及能量不滅的原理在物理學中的重要相同。(註三)

我們試自生物學轉移眼光於物理科學，則知它在定命論的老問題上，已呈現了新的曙光。十八及十九世紀思想中的哲學定命論，近代在牛頓的工作上重加建造的，今已不復如往昔的爲物理學所支持了。曾爲多人稱道的科學中古老的定律，今已證明其或爲我們自己在我們的自然界模型中所插入的真理，或爲或然率的敘述。科學家所能做到的，即使在涉及其題目的大規模的或統計的現象方面，亦不過對其所預言者，可操證實的勝算，而對於個別的原子及光子的作用，則未能預言。

若承認熟知的定律，爲近真趨勢的敘述，則可知此種定律所講求的，非爲個別的分，原子，或電子，而僅爲統計的平均。我們若加熱於一氣體使其溫度增高一度，則我們可知巨量分子所增加的平均能量有多少；但是某一分子的能量，則視巧遇的碰撞爲轉變，而爲今日所未能計算者。我們能預言

在一公絲（毫克）的鐘中每分鐘有多少原子要分裂，而且我們的預言，亦可與以證實到相當小的誤差極限；但是我們不能告以某一原子在何時將爆裂。我們知道多少電子會在某一溫度下發射一量子的能，但不知道某一電子在何時會墜入一新軌道而致發出輻射。將來或有一日，有一力學的新學說產生，而個別的分分子，原子與電子有變成可以測量的可能，但至今尚無此種學說的徵兆。

實際上，今日的趨勢指着另一方面。測不準原理，似以一種新的不可計算性加諸自然界。迄今所說的測不準，或原於智識的缺乏，至智識增高後，或可成爲定論。故若基此而建立自由意志的哲學，頗多危險。但如愛丁敦所指示者，薛斐丁格及波耳的工作，表示物的性質中確有一測不準存在。若將電子的位置計算準確，則其速度遂不可計算。反之，若將其速度測準，則其位置遂成測不準。這個互相交替的測不準，似已表明：科學的定命論，在最後的分析中，已歸無效。

在此與第一種測不準相似，而擾亂生物之研究的，有一實例不得不與以說明。我們在一小的誤差極限內，可以預言英國將有多少嬰孩死亡，或者預言在某一年齡範圍內的人，可再活多少年。但是我們不能預言某一嬰孩是否會死亡，或者說某一保險憑單何時會來兌款。這裏亦如上述，或有一日，精進的知識及技術，或有與我們以預知的新本領的可能，但至今亦迄無其徵兆。

不可忘記的：欲求意志有有效的自由，則自然界必須有秩序。最卑劣的際遇，莫過於受制於一反覆無常而不可計算的暴主。欲爲生命的主人翁，我們必須有駛過熟習航程大海的能力，把持船舵的本領。以現今的知識觀之，人類在統計上或爲命運的奴隸。但就個人言，則其所受制的機構，雖已可斷定，但尚有秩序，而仍可自由意志的空隙。將來的研究，也許證明此結論言之過早，而與較普遍的知識不符，正如在蓋子力學中，將來的工作，或能測定個別原子的生命一樣。科學演進的次一步驟，或許又是一個朝向機械哲學的擺動。但是至少在現時，從物理學的類推，無論其價值若何，乃指着另一方面。

這個問題，與往昔關於心靈與物質的爭論，有密切的關係。在十七世紀以前，普遍的假定人的靈魂與氣體是同一性質的東西。但德卡爾把心靈與物質加以區別。此觀念相傳至今，而形成心體平行的形式。要免除德卡爾的二元論，似乎有兩條道路。唯物論者認物質為惟一的真實，而心靈為虛幻；唯心論者則隨柏克勒相信心靈為真實，物質為虛幻。現象論者如休謨及馬哈等的工作，復呈現一新的觀點：說心靈及物質的概念，為我們對於自然界圖樣的兩種看法，或者更好的說，為科學用以建立自然界立體模型的不同之平面圖。這種觀念，為近代的許多哲學家，自威廉·詹姆士以至柏特蘭·羅素發展為所謂：『中立一元論』(‘neutral monism’)。依此學說，心靈及物質都為一種更原始而既非心靈的又非物理質的東西所組成。

我們對於以體質世界的模型所代表的真實(若果有之)的內在性質，毫無所知；而對於心靈世界的內在性質，則尚有所知，從直接的知識說來，心靈世界乃更為真實。物理學不能證明體質世界的內在性質，與心靈世界的不同：心靈的與體質的事件，或可聯合為一個的因果。

它們之互有關係，是無疑問的。神經學與實驗心理學，證明神經作用的心體相隨。生物化學證明無管腺的內分泌，可以改變人的心性。若以副腎素(adrenalin)注射於人體，可以產生恐懼的體質病徵，雖然羅素君已有實驗證明：恐懼的心靈情感，並不一定隨此病徵而發生。(註三四)然而這些心靈與體質世界的顯然聯繫，並不能闡明二者的最終性質。

以心靈與體質相較，則知無論如何，物理學只能與我們以一種關係的知識，及為它們互相聯繫所用的概念的關係量；而此種知識的求得與存在，則全賴心靈。在此意義上，心靈確較物質更為真實，或較機械觀亦更為真實，因定命的機械觀，在今日只能在多數單位，以統計的平均作用求得大體觀的現象方面，方為精確，而於考量個別原子、電子、及光子的超微底蘊時，則歸無效也。

恆星所發的光，於達到我們的眼晴時，一串可為物理學追蹤的長事蹟，遂告終止。但在這整串事

蹟中，只有光的感覺，是我們所能指出爲非純粹抽象的及數學的事蹟。一個盲人或可了解所有的物理學，但決又不能了解視的感覺。事物是否愉快的知識，不是物理學。這裏很明白的，還有物理學所未能包括的知識，即我們自己心靈感覺的知識。

這些感覺中最靈敏而恆久的一個，即自決與自由意志的感覺。到現在爲止，反對此感覺真實性的最強的論辯，即機械的定命論。有人以爲定命論乃物理科學的必然結果，但愛丁敦以爲欲維護哲學的定命論，在今日只有以形而上的證據爲其基礎。它的擁護者，不能再用科學爲護符。科學的定命論，已告崩潰，已在其能力的最內衛城——原子的內部構造——崩潰了。（註三五）

要科學家去研究意識管制物質的作用的可能方式，今日尙非其時，但哲學家或不妨猜度此類的問題。愛丁敦指出，有人以爲意志或可將幾個原子或一個原子未定的量子過渡與以管制，因此，用了神經的激動，使體質的世界，自一個途徑變至他一途徑。這個，愛丁敦認爲不可能，而寧願倡議說意識的作用，或可改變未定原子羣的或然率的條件。他說：

我並不想把承認生物與死物不同的嚴重性減小；但我以爲其中的困難，即使尙未解除，却已稍形減輕。不改變原子的構造，而僅干涉其未定性行的或然率，這種對於自然律的干涉，似不若其他曾經提出的意識干涉的方式的激烈。

愛丁敦的倡議，我們自應重視。但是意識與腦的關係的機構，乃一極端困難的問題。若輕與某種猜想，以作解決的信念，無論其如何的巧妙，亦未免近於鹵莽。爲今之計，只有保留這個問題於往昔的形式。經驗包括許多方面：物理科學爲其一，心理學又其一，而心理學則必認美術的、道德的、與宗數的情感爲其張本的一部。

科學自現象的世界提取抽象，而演述其本身含有邏輯涵義的概念。因此，在概念及所有可能而正確的演繹之間，有一不斷的連鎖存焉。所以科學的定命論的成因，乃因科學爲一抽象的方法。（註三六）

例如力學從感覺所得的現象，構成抽象的觀念——空間，時間，物質——而再根據此種概念建立之一個邏輯的定命的方案；從這種方案，只能演出與納入時性質相同的抽象。從力學的觀點看來，自然界必為機械的；而自任何抽象的與邏輯的科學觀點看來，它是定命的。但尚有其他觀點，為精確科學所未能達到的。

又此問題與因果問題頗有關係。若謂因果關係為思想所必需的，則其真確性非定於科學，而科學不負其結果的責任。反之，若謂因果關係須以經驗證明，則因果律僅於若干實例上已得證明。在其他若干實例上，雖無否定它的積極證據，但亦無決定其普遍性的證明，我們實無權說它必可管制與因果律已證明符合的現象非常不同的，人類的意志。（註三七）

羅素以為對於定命論所感的矛盾，大部是因為不充足的分析，致使科學所僅提出的非人為的因果，與人類意志的觀念相混淆。我們於覺得我們的一外來的壓力，違反我們的意志而迫使行動時，我們應懷憎惡。但設如我們的意志，即從定命論觀之，與我們的行動相符合的，此感覺即不至發生。如羅素所說：（註三八）『總之，自由在任何有價值的意義上，僅要求我們的擇取，該是（如它們現在實是）我們欲望的結果，而非為我們為外力強迫我們取其不願取的。……所以自由意志，只有在重要的形式上是真實的。』茲請述其他含此同一問題的哲學思想的發展。

自然科學的普通方法，為追求簡單化的分析方法。心理學者於分析之後，求以生理原因的術語，表述其結果；生理學者則求應用物理學及化學的術語。物理學者則剖分物質為原子及電子，而在此中，他們又碰見機械模型的失敗，與顯若基本的測不準原理。或許他們更將設構一成功的原子模型，但到最後，模型的設構，將見為不可能，而最後的物理概念必將歸之於數學方程式的演述而已。

但是物理學並非惟一的科學，而科學自身，亦非惟一的經驗方式。固然，生物學包括分析的生理學，而後者每盡其所能，以簡化為物理與化學的術語；但是生物學同時亦講求看活的生物為整體的自

然歷史。心理學非但講求官感及情感的實驗分析，而且講求心靈的內部意識與整個的人格。追求真實的綜合方法，亦如分析方法的同樣真確。這些理由，使懷惕赫德堅持暫定的唯實論，有更進一步的把科學的方案重新改造，而使奠基於機體論 (organism) 的最終概念上之必要。(註三九)

十七世紀曾發現，世界可很成功的看為能自決其變化的物質，瞬刻組態的一系，因此為一個邏輯上的閉合圓圈，一個完全機械的體系。唯心論者自柏克勒以至柏格森，對此體系曾加反對；但以未明其真正論點所在，故其辯論全歸失敗。此體系確有其錯誤，但非一般所想像的錯誤。這實在是本書所多次提及的，把科學所需要的抽象，認為具體的真實的錯誤，也即懷惕赫德所說的『誤置具體的錯誤』(Fallacy of Misplaced Concreteness)。抽象為分析所必需，但從自然界及經驗構成抽象時，就無異把抽象以外的部份遺漏了。因此，它們僅與科學以片面的圖繪，而於整個的存在尤其與以更不完整的圖繪。定命機械論的原理，只適用於甚為抽象的個體，即邏輯分析的產物。世界上具體而持久的個體，乃為整個的有機體，故其整個機體的構造，影響其各部的特性。一個原子當其為人體之一部時，其性行或有改變；因其所遭的情況，為有機體的人的性質所決定故心靈的狀態參加整個有機體的構造，因此改變其附屬部分的計劃，直至電子為止。一個電子盲目行動，但在體內時，其盲目的行動即為身體的整個計劃，包括心靈的狀態，所轉移。為加強這個辯證，我們可以指出：一個在原子內中的電子，為整個的原子構造所轉移，而與一個在原子以外，遊動於空洞空間的電子非常不同。由此可知，懷惕赫德拿機體論的原理，來代替科學的定命論。他從與愛丁敦相反的方向，接近此問題。我們已知愛丁敦從原子、電子、及光子——物理分析的最後產物——的基礎上攻擊定命論。懷惕赫德則謂分析在哲學問題上實際為一誤解，而奠立其理論於整個有機體的綜合概念上。他的最後申訴，在於質樸的經驗；這些經驗告訴我們：『我們是在一聲、色，與其他感覺的對象，而以時空相聯為持久的物體，如石、樹、及人體的世界裏面。我們自身為這世界的元素，正與我們所見於其他物體的同一意

義。』由此可知，懷惕赫德以其自身多所供獻的新唯實論的光明，採取與謨爾 (Moore) 及布羅德 (Broad) 相似的觀點，而似復給我們以一個認世界爲美而善的科學理論，一個伯特 (Burt) 以爲蓋理略從我們取去的理論。懷惕赫德以爲自然現象的最終單位是事蹟，亦如柏格森論真實底實質即爲繼續的改進，換言之，即爲一繼續而活動的過程或一個創造的進化。

在討論精確科學的意義時，愛丁敦對於精確科學只關涉某種物理儀器的讀數一點，曾與以鄭重的聲明。例如於計算一物體滑下小山所需的時間時，我們把物體的質量，小山的坡度，與重力的加速度一類的指針讀數，置入我們的計算，而找出另一指針讀數，即我們時鐘上指針的位置。應用這個方法，物理學會構成一個邏輯上知識的密合圈，其中僅含有互相聯繫的物理概念。以舊的術語言之，物質及其組態決定了力，而力又決定了未來的組態。以近代的術語言之，則其連系進行如下：勢，間隔，標度，物質，應力，勢……等，如此反覆，永無止境。惟一逃出這圈子的方法，即爲認清那無疑的事實：說邏輯方案與實現世界的符合，只能以心靈的作用與以測驗。或許只有物理學能追蹤其圈子中的擾動，至此擾動變成腦筋中物質的運動爲止，而再客觀的自外界觀察此運動。但當腦筋中的擾動再轉譯爲意識時，我們遂已接觸了真實。『意識是否爲真實的，是不容有問題的。意識就是自覺，而真實這個形容詞，是無補於意義的。』

這裏，我們把第七章與第八章所討論的自我的問題又說回了。自我是如老的哲學所說，存在於經驗之前，而與經驗無關的實體呢？抑或如近代心理學家所說，爲由感覺、概念及其他心靈活動的作用所組成的有組織的構造呢？這個問題，不能用普通的辯證與以解答，然或亦無需解答。無論其成因若何，自我是自覺的。故以愛丁敦的說法，自我是真實的。

可逆物理學中的普通方程式，對於運動向那一方進行，毫未說明。若僅憑形式的動力學所能給與我們的指示，則行星可自相反的方向繞日而行。這裏，又只有我們的自覺，能在一可逆的世界中，使

我們區別過去與未來。但在體質的世界中，尚有一自覺以外的準則。體質的世界不是可逆的，而熱力學第二定律，則謂在一非可逆的體系中，能量乃隨時間的進行而繼續減低其可用之量，而熵量繼續增加。然則我們之所以能區別過去與未來者，是否因為非可逆的作用在我們腦中進行，而於我們的意識中遂產生時間流過的感覺呢？

熵量的這種增加，可用一洗牌機洗紙牌的比喻來說明。在未洗以前，將牌依花色及數序排好。但洗過以後，花色及數序都勻混了。除非經過故意的挑選，或各張牌有極少的機會巧遇到未洗以前的次序外，我們絕不能把牌的次序復原。紙牌的張數愈多，則洗勻的時間亦愈長。故洗勻的程度；可以用以測量時間，而且因此為一非可逆的過程，故亦可用作時間的指針：愈洗愈勻，則表示時間在前進；若各牌自行重返順序的排列，則我們必在逆反的追溯時間。

所以如愛丁敦所說：熵量在體質世界中，為時間的指針。若溫度之差在減小，能在變成逸散而更少有用的，熵量在增加，則時間的過程為正，我們在向着未來前進。反之，若自方程式中，我們發現熵在減小，可用的能量在增多，則我們應知我們在從未至始的追蹤一過程。

氣體動力學說使我們將熵量增加的過程，譯作分子的術語。若有二器，各盛相等數目的分子，其中一器熱而他器冷，則前者所盛分子的平均能量與速度，必較後者所盛分子的為大。今若將此二器連通，則分子的碰撞，將使分子的平均能量趨於相等，直至諸分子速度的分佈，遵照馬克斯威爾與博爾茲曼的定律而後已。這是一個最後的狀態，只有以意識的作用，如想像馬克斯威爾的魔鬼所執行者，或因極不可能的機遇，使較速分子內在一器中，方可挽回。在無窮的時間裏，這極小的機遇，也許有間或發生的可能；除非而實則也是更可能的，有其他較近情理的變故發生，使整個系統傾覆。

自地球中心說被推翻，而恆星被認為遠方的太陽以後，僅僅對於宇宙估計的增大，對於人類無多的重要性。並且宇宙原始的問題，為科學的問題，而非哲學的問題。但是天文物理學中知識的猛

進，確足使我們感到深刻的印象，而敘述其一部份結果，或亦有其相當的價值。

我們的銀河含有恆星約數十萬萬個，而其中最遠的恆星彼此的光或需三十萬年方能到達。在我們的恆星系統以外，廣大空間的汪洋中，有數百萬個旋渦星雲——在形成中的新恆星銀河。其中有些很遠，其所發的光，須行走一萬四千萬年方能達到我們的視覺。

但是，牛頓認為無邊際的空間，今則認為有止境，而為散處的物質之存在所彎曲了。光若向外繼續進行數十萬萬年，則將復回其啓程的原地。

世界之初有人類，或在五十萬年以前。地球的年齡或約為數十萬萬年。太陽及恆星，以其內部達四五千萬度的溫度，可輻射能量達五至十億年。

地上的九十個元素，可為恆星內部的熱力所毀滅。在恆星上，或存有我們所未知而更富放射性的原子。因此種原子的分裂，或因質子與電子的相互毀滅，物質便可化作輻射，而為恆星生命的能之來源。地上的原子，用以組成地球及我們的身體者，或僅此宇宙過程的副產物，剩下的死灰。

星雲的假設，足以解釋巨大恆星銀河的形成，而不能說明我們較小的太陽系的產生。欲知太陽系的原始，我們只有在那些不常有的現象，例如兩個尚為液體的天體適逢行近時所發生的潮汐等，中去尋求。由此可見，在目前的宇宙中，我們所知的生命必需的條件，即不是惟一的，也是很少的。所謂生命者，或可認為宇宙演化的副產物中極少的偶然現象；亦可認為創造演化的高度努力的最高表現，而惟在地球以其適逢時空的機緣，能獲得安適的家庭。科學能構成此二種地位的想法，但二者的孰是孰非，則無論如何，非今日所能決定。

然則宇宙的未來又將如何？開爾文爵士的能之逸散原理，以及克勞西斯的熵之向極大值增加，都指示一最後的靜死的平衡狀態。在此狀態中，熱量在均勻的擴散，而物質為永久的靜止。近日的觀點，已修改其細節，而未變更其結果。活動的物質化作輻射，輻射最後經過的空間很大，致不能為其

所飽和，而再行沉澱物質。堅思算得：每一活動原子可得生存的機會爲 $10^{430} 000 000 000$ 分之一。宇宙在向着均勻分佈的輻射繼續降落。

然若宇宙依然繼續降落爲輻射，則必有一個時候，宇宙爲輻射所充滿，而決不能如此永遠進行，換言之，它必將達到一最後的平衡狀態。堅思說：

所有的一切，都以不可抵抗的力量，指向一個或一系創造的事蹟，將在非遼遠無窮的時間內發生。宇宙既非自其現有的成分偶然的產生，也不能如現在一樣的繼續下去。因爲在此二事蹟的任何一個內，除不能化爲輻射的而外，沒有原子將被遺留。宇宙間將無日光，也無星光，只有輻射的一道冷輝，均勻的擴散在空間。這確是今日科學所可見到的所有創造的必然動向，而終久將達到的最後結局。（註四〇）

有些人以爲宇宙的最後靜死，是一個不可忍受的思想。但欲宇宙繼續維持其生命，以使他们怡悅，似又不可能；或者有如霍爾頓及施德尼 (Solino) 所倡議，有一可能挽救其最終毀滅的出路，（藉天然的力量）。若有無窮的時間，則所有不能發生的事情，亦或者可以發生。分子巧遇的濃集，或可逆轉勻混的作用，而打破熱力學第二定律的工作。輻射能巧遇的濃集，或可飽和一部分的空間，而新的物質，或即我們旋渦星雲之一，結晶而出。我們與我們無數的恆星，或即此偶然事件之一例歟？

反對此偶然事件的堅思或然率，雖然極大，但無窮大更大。等候這偶然事件的時間雖然很久，但永世更久。在無窮久的時間中，這些不可思議的機會之一，或將發生，亦有其可能。一個新的『原子的意外的集合』，或可解釋過去創造的運用方法 (modus operandi)，而且當現有宇宙於顯然已永遠化爲『輻射的冷輝』之後，更提出一個新的更始。

我們不能說這是可能的，因爲我們所根據的，已達到或已超過知識的極限。實際上，如以分子羣

的例言之，其間或有更爲可能的他種機會發生，阻止此偶然事件的實現。一切上述的倡說，僅隨意的猜度而已。

當我們試圖敘述科學的現狀與將來展望時，科學史與哲學及宗教的關係，於我們實大有助益。實際上，若無初步的歷史研究，這種嘗試的有無價值，頗屬疑問。在專門科學問題上工作的人，或可無歷史的需要，但欲求了解科學自身更深的意義，及其與人類思想及活動中其他學門的關係，則不得不知道些發展的史實。

科學的成就是盡人皆知的。它在工程、工業、醫藥方面的實際應用，對於近代國家生活的影響也日益增大。若世人果愚頑凶惡而允許二次大戰的發生，則科學在破壞性機械方面的誤用，將使文化大受威脅。（譯註）純粹科學，正在從原子的小宇宙，以至旋渦星雲及恆星銀河的大宇宙，改進及擴充我們對於自然界的模型。這模型中舊有部分的關係，日形明瞭，新的部分陸續增加，其增加之速，幾使前進的建築家沒有時間把它們安插於較老的結構中。惟有俟進步稍緩時，或者將來的一代如以往的一代一樣，能把這些工作與以調整及補充。至於現在一代，則因急忙過甚，無暇及此了。

中世紀的人，欲求達到知識的完全合理協調，以爲哲學及宗教的目的，而且大部份以爲在多瑪斯·阿奎拉斯的煩瑣哲學中，已經得到。蓋理略與牛頓的物理學，推翻了這個知識一致的方案；科學採取的態度是根據於力學的常識的唯實論，而被用以支持機械的定命論的哲學。同時在日常生活中，人們仍固執一牢不可破的信仰，以爲他們是自決的生物，爲自己的自由意志所管制。求協調此兩個相反觀點的許多嘗試，都歸失敗。不得已，他們只好取其一而舍其一，或暫時兼取二者，以俟將來的發展。

然後，如我們最近數頁所述，有些哲學家逐漸知道，科學只能闡明真實的某幾方面，只能繪出平面的圖形，作爲小自然模型的輪廓。科學在其自身的定義，公理及基本的假設上，必須是機械的與定

命的。

所有這些時候，科學雖已脫離煩瑣哲學的綜合，但至少其自身是一致的。的確，如湊合七巧板的各件一樣，自身一致，必須認為真確的惟一驗證。但是到了現在，雖或為暫時的，但很明顯的，科學所導入於一般思想界的矛盾，使科學自身所根據的最終的物理概念，發生動搖，雖然上層的结构還在內。

今年（一九二九年）的物理研究，進入了一特殊的狀態，或者說，進入了十七世紀以來未曾經見的一狀態。一方面它的古典的背景，包含於牛頓的動力學與馬克斯威爾的電磁學中的，依然在被應用，依然在產生偉大價值的結果。但另一方面，在今日最驚人的發現——原子構造學說的發現——中，古典的定律又已失其效用，而我們不得不承認相對論及量子論的概念。如威廉·布拉革爵士所說，我們在星期一三五應用古典學說，而在星期二四六應用量子論。所謂自身一致者，至少在目前已被拋入大海，我們只視所遭遇的問題，以決定採用此二觀念的那一個，以求得其結果。這種矛盾，當進行一個大的知識革命時，如當阿理士多德與蓋理略的觀念互爭權威時，多少總不能免。不過現在所發生的例子，表現其極端的趨勢而已。甚至我們更可於布拉革所未派有學說的星期日，採取第三組的觀念。

科學必須承認宗教經驗在心理方面的真確性。有些人對於上帝神感的與直接的了解，正與他們對於人格的自覺，或外界的認識同樣真實。就是這個與神交通的感覺，及其所感召的敬畏與崇拜，就形成了宗教——對於一般人僅為一靈感時所得見的意象，但對於聖徒則為一與生命氣息同樣正常，無所不在，而永遠存在的經驗。我們無須，而實際也不能，明定上帝的意義為何。凡認識上帝的人，也用不着要定義。

低微的人道，需要的幻像以裝飾其意象，創設教儀，承認教義，神學或甚至神話。這些系統，可

真可假；但是宗教本身並不因任何教義而存廢。教義暴露於歷史的，哲學的，或科學的批評之下而遭遇打擊，然而真正的宗教爲一更深奧的東西——奠立於直接經驗而不可動搖的磐石之上。有些人或係色盲，但確見東昇旭日的光輝者，亦大有人在。有些人或無宗教感覺，但在上帝的超越榮光之中，生育長養與之俱在者，亦大有人在。

爲大衆的宗教生活，某種教義是不可缺少的。若不顧事實，而另立無教義的新宗教系統，是無濟於事的。但是在有教義的神學範圍內，每一時代都有與科學，歷史或人類學的衝突之處。其困難所在，爲「宗教往往誤認其所說的就是其意義所在，而唯理論者，則偏偏要指出其所說的爲不真確。」（註四一）然而即在這方面，各種思想的方式，亦漸趨於接近。基督教的神學，必須放棄使徒時期視爲精義的卽來二世（*immediate Second Coming*）的信仰。後來又得承認哥伯尼的系統，而將地爲靜止的中心，天堂之門就在天宮，地獄之路卽在地下，教義的整個說法，與以攔除。它不得不承認達爾文的進化論，對追溯人類的血統於猿猴而不在天使，表示同意。它若真正了解近代人類所包含的意義，更有其他信仰必須放棄，這些信仰的必要，在怯懦的人們看來，正和我們祖先看地居中央，與特殊創造教義的必要相同。

所不幸的，神學在變更初起時，每與以反對，如懷惕赫德所說：（註四二）

宗教若不與以科學相同的精神，接受改革，則將不能恢復其固有的權威。宗教的原理，或可永存；但此種原理的表述，需要不斷的發展。……宗教思想發展爲精確性增高的表述，擯除外來的偶像；而宗教與科學的互相爲用，卽爲促進此發展的一重要因素。

科學的趨近於神學，比較遲緩——實際上，它似早已將哲學家引到機械的定命論。而且十九世紀的定命論，自當時盛行人類必有「進步」的觀念言之，確表現一種相當膚淺的樂觀主義。但是它二十世紀的反響，簡直是悲覺主義了。羅素說：（註四三）

人是許多原因的產物，這些原因，對於其成就的終局，並無預知；他的原始，生長，他的希望與恐懼，他的愛情與信仰，不過原子偶然配合的結果；熱情，豪勇，思想與感覺的堅強，都不能維持個人生命於不死亡；一切時代的一切努力，一切的精誠，一切的感悟，一切人類的天才光輝，在太陽系的火死亡時，都得絕滅；人類成就的整個傑構，是要必不可免的埋沒在殘破的宇宙殘渣中——所有這些事實，即使不是絕對無可非難的，但其確定的程度，已使特異議的哲學，不能有立足的希望。

在另一方面，這個悲觀的定命論，增高了宗教對於仍承認其真確者的重要性。當然，我們很容易列舉許多正統的神學家，但因我們在此僅關涉科學思想的影響，故茲請述另一偉大哲學數學家的觀點。懷惕赫德說：（註四四）

宗教意象的事實，及其持久擴大的歷史，乃使我們樂觀的一個理由。捨此以外，人生只是一道偶爾享樂的閃光，照着一團痛苦與悲哀——一個瞬息經驗的把戲。

更有些哲學家，例如愛丁敦以為知識論的日見明瞭，以及基本物理學中最近的發展，似已使科學所給哲學定命論的擁護漸趨微弱。

無論如何，我們至今已更能認清科學的能力與限度了。科學（或許除却原子學說及量子力學而外）的本身，或為定命論的。然其所以如此，乃因科學根本就是講求自然界的規律的，而只能在可尋得此種規律之處才可以應用。前面我們已屢次有理由，說明科學的概念，只為模型而非真實。茲願再引愛丁敦的話：

物理學中許多整體的象徵性質，已為一般所認識。而現今物理學表述的方案，則在求真能自然明白其為一更廣大之物的片面觀。……科學世界的問題，為一更廣大的問題——一切經驗的問題——的一部。我們都知道有些人類精神的領域，尚有未能為物理界所管制的。在我們四周的

創造的神祕感覺中，在藝術的表述中，在對上帝的皈依中，靈魂向上生長，而於其天性中得到滿足。……不論在科學的知識的追求上，抑在精神的神祕的追求上，光明在前呼召，而潮湧於我們天性中的目的，在後感應。我們爲何不能聽其如此，而確有拉入這適意的名詞『真實』的需要嗎？

我們對於自然界所擬的模型，異常成功，致使我們有更高的信念，相信真實乃爲與此模型類似的東西。但是模型依舊是個模型，是個只可爲適合我們的心靈而切成片面，與以試驗的模型。以機械觀點看人，人自然是個機器。但若以精神觀點看人，則人猶不失爲一個理性的心靈，與一個活着的靈魂。科學若認清其真正的意義，將不再試以定律的羈絆，束縛人的精神，而聽其自由接近其靈魂所願接近的神聖。

探溯近代知識對於各神學統系及認它們爲信條的各教會所發生的反應，遠不若我們已經討論的關於真實與宗教的精深問題爲基本重要。討論此類實際的與活動的爭辯，或已軼出本書的範圍。但當考慮過去種種時勢難避免此種討論，而就目前與將來言，我們雖未能盡免個人的偏見，或亦可略覓所見而不致引起誤會。

科學的知識與科學思想的方式，雖有助於精深的宗教，但與若干宗教信徒的心理頗不相合。這些知識及思想方式的廣大擴張，無疑地增強了脫離有組織的基督教會的潮流——現代所特有的潮流。富於批評性與萬事不關心的人，蔑視教會者日益增多，而留在教會中的，各以不同的理由，照着字面，專心壹意，承認熟悉的教義。同時在社會上各部份占有大多數的人，聰明較差，教育較低，反因自治政府及平民代表制的盛行，在教會及民政方面得到日益增高的權力。（註四五）化分的作用是積累的，於是觀點不同的人們愈離愈遠，甚至在盎格魯薩克遜國家中，化分的界限本來不如羅馬天主教派盛行的國家之甚者，今亦如是。有欲調協神學思想與近代知識的，輒遭受雙方的攻擊。一個傑出的英國天主

教徒呼說：『近代知識及批評與授給聖徒的信仰有甚關關係』而基本主義者（*fundamentalists*）與淺率的非信徒則問道：『那些只以象徵的意義了解其信條的一部的人，何能自命為基督教徒？』由此可知欲作調人的『近代論者』（*Modernists*）必覺此為一吃力而不討好的工作了。

但是還有一個方法，可使思想所必需的自由，與承認人類對於宗教的需要相聯合。我們未嘗不可把科學與宗教雙方的根本要義，於每人覺為自然的形式下同時予以承認，而靜待其矛盾的解決。在有意識及潛意識中抱持這種態度的人，實較一般所覺察的為多，而以邏輯的與歷史的理由支持這種態度，亦屬可能。從近代人類學與心理學看來，祭禮及教儀較教義為早而精要，而其本身更具有精神的價值。依此理論，設如『教堂有一莊嚴而高尚的祈禱儀式，則更無須斤斤於此儀式所代表的正確教義。它們將漸次的，稍進一步的，使自己適合於各個時代變遷的展望。這種對於學術中的，甚至最自由的神學中的歧異的靜候態度——一個英國人思想方法中所特具的靜候態度，在歷史上可找到許多事例證明其應當——同時關於祈禱儀式的本身，我們最好遵守權威的勸告：『對於它的改變，既不過嚴的拒絕，也太不容易的接受，應於兩極端間採取中庸之道。』在此觀點上，我們在所有國家中確很幸運。英格蘭教會傳下歷史的教職與莊嚴的教儀，在保持宗教與整個生命的有機接觸上，確立了它在國家組織中的地位。在其組織方面，當然不能強求盡一，而必須令天主教，基督新教，近世派及不背於宗教的懷疑派，可有伸縮的餘地。有些人或以這種包羅萬象的辦法為弱點，但有的也認為這是宗教自由的最髙保障。

科學與宗教的前途并非無危險的徵兆。美州『基本主義』的暴動，如學校中教授進化論的禁止，及英國人為的中古主義的復興，正與俄國的宗教迫害針鋒相對。思想的自由仍有毀滅的可能。『反生體解剖』的運動，不單是因為無知與誤認所有對於動物的試驗包含殘忍，而實表示各時代對於科學自身明顯的憎惡。的確，平衡冷靜的科學頭腦，依然為許多人所厭惡，這些人在沒有確實證據以資判

斷時，并不能暫懸而不斷。這種危險，若世界更趨民主化——即更爲感情而非爲理智所支配時，將更增大。

除愚昧與成見外，更有一個忠實而可了解的觀點上的歧異。從有些學者或神學家看來，科學家有時似乎用了十分膚淺的方法，碌碌於瑣屑的事實與不足輕重的問題。反之，在哲學家及科學家看來，若他們不顧基本的真相，而僅注意於文字的解釋，則將如休謨所云：『通俗的神學有嗜好妄誕的大胃口』。在這裏，歷史方法，又使我們得透過表面的瑣屑，看到隱藏於量電計的指針擺動中，或蝴蝶翅膀的花紋中的自然界的祕密，而且尋出靈魂在天主教的深閉固拒中，或在基本主義者的不可思議的信仰中，對於真正宗教的摸索。『了解一切便是饒恕一切』。

不管甚麼愚蠢與任性，自蓋理略以來科學方法確已一場又一場的戰勝。從力學到物理學，從物理學到生物學，從生物學到心理學，科學都能漸漸地適應其不熟習的境地。研究好像永無止境，正如有人說的：知識之球愈大，則其與未知界接觸之面亦愈大。

物理學家因其講求的爲最後的概念，故常較能領悟此外部的黑暗。生物學家每以爲當一個現象能以物理學的術語，如物質、力、能，或其他當時流行的概念表述時，即已得最後的解釋；而物理學家則知解釋的困難至此方才開始。生物學家在可能範圍內，將其問題簡化到物理學，固屬至當，但生物學家亦有其本身的基本單位。懷惕赫德曾指出機體概念在物理學上與生物學上哲學的重要性，此概念往昔在自然歷史中與近時進化論的研究中皆曾被應用。有機體就是生物學的單位，唯因有機體亦受制於物理及化學的定律，所以我們繼續用分析方法加以檢查，并於可能時用物理的術語表述其活動。

同時，現今的物理科學覺得其最終概念的神祕性，雖較任何往時爲強盛，但在其本部範圍以內，也覺得其能力的更有把握。有時它以青年冒險的精神跨進新的領域，更無餘暇在新領域內建立秩序。

於是有一個知識的大綜合，如像現今將要出現的，調劑了不同的概念，使混亂變爲一致。這樣，物理科學不斷的擴大我們對於自然界現象的知識，及我們用以解釋現象的概念（最後的或近似的）間的關係的瞭解。在它的新陸上，它替人類的心靈建立了更多的廟宇。并且它鑽研得若是之深，在本代的人們看來，似已暴露其基礎而達到下層未知的底地，這底地的性質當然與上層構造不同。如牛頓曾說：『自然哲學的工作，是在從現象中求辯證，……從結果中求原因，直到我們求得其最初的前因爲止。』這個最初的前因一定非力學的。』在電子，波羣以及作用量子內，我們看到了一些『非力學的東西』。我們不願把二五十年來解釋自然界構造若是成功的，熟習概念的機構一旦拋棄。在其本身範圍內，科學將繼續利用這個機構以擴張人類控制自然的能力，以求得自然現象內部關係所具有的驚人繁複的廣覽與深識。也許眼前的困難即可克服，物理學家將設計一種新的原子模型，可以暫時滿足我們的心靈。但可領悟的機械論遲早終將失敗，而我們仍將面對着一個可怕的神祕，就是所謂真實。

(註一) 著 A Manual of Modern Scholastic Philosophy, Chiefly by Cardinal Mercier, Eng. Trans. 2nd ed. 2 Vols, London, 1917。

(註二) 著 Evolution Creatrice, Paris, 1907, Eng. Trans. London, 1911。

(註三) 著 E. Mach, Analyse der Empfindungen, Jena, 1886, 6th ed. 1911。

(註四) 著 Bertrand Russel, Sceptical Essays, 1928, pp. 54-79。

(註五) 著 Sceptical Passay, p. 71. 註釋 Our Knowledge of the External World, Chapters V and VI. London, 1914, 2nd ed. 1926。

(註六) 著 T. Case, Art. "Logic", in Encyclopaedia Britannica, 11th. ed.; and Bertrand Russel, Our Knowledge of the External World.

(註七) 著 N. R. Campbell, Physics, The Elements, Cambridge, 1920, p. 235。

(註八) 著 Our Knowledge of External World, p. 205。

(註九)惠爾爾所稱類於算術的，可能是對的；整數間的關係似仍含有絕對的真理。或者如克浪勒寇爾 (Kantakow) 所云：『只有整數是上帝創造的，其他都是人爲的。』

(註一〇) 著 H. Poincaré, *La Science et l'Hypothèse*, Paris, p. 1.

(註一一) 著 W. O. D. Dampier-Whetham, *The Recent Development of Physical Science*, 1st ed. London, 1904, p. 29.

(註一二) 著 A. S. Eddington, *The Nature of the Physical World*, Cambridge, 1929, p. 25.

(註一三) 著 H. Poincaré & N. R. Campbell, *科學哲學* • A. D. Ritchie, *Scientific Method*, London, 1923, p. 62.

(註一四) 著 *La Valeur de La Science*, Chap. II.

(註一五) 著 A. N. Whitehead, *Concept of Nature*, p. 121. et seq; A. D. Ritchie, *Scientific Method*, London, 1923, p. 140.

(註一六) 著 J. M. Keynes, *Treatise on Probability*, London, 1921.

(註一七) 著 Bertrand Russell, *An Outline of Philosophy*, London 1927 p. 261.

(註一八) 著 C. D. Broad, *Scientific Thought*, London, 1923, p. 403.

(註一九) 著 N. R. Campbell, *Physics, The Elements* p. 153.

(註二〇) 著同書第四十三頁。

(註二一) 著同書第一〇一頁。

(註二二) 著 *Recent Development of Physical Science*, 1st ed. London, 1914, p. 33 5th. ed. 1921.

(註二三) 著 *Physics, The Elements*, p. 22.

(註二四) 著 A. S. Eddington, *The Nature of the Physical World*, Cambridge, 1928, p. 295.

(註二五) 著 *Recent Development of Physical Science*, 1st. ed. p. 12. et seq.

(註二六) 著同書第十四頁。

(註二七) 著 *Philosophical Studies*, London, 1922, p. 1.

(註二八) 著 *Perception, Physics and Reality*, Cambridge, 1914, p. 3.

(註二九) 著 *Principles of Natural Knowledge, Concept of Nature. 廣義的科學哲學* Broad, *Scientific Thought*, pp. 39. et seq.

- (註三〇)參閱本書第 頁與落波學說第 頁。
- (註三一)見 *Scientific Method*, p. 177。
- (註三二)參 J. S. Haldane, *The Sciences and Philosophy*, London, 1929。
- (註三三)見 C. Lovatt Evans, *Brit. Assoc. Rep.* 1923, p. 153。
- (註三四)參 *Outline of Philosophy*, London, no date, p. 225。
- (註三五)Edgington, loc. cit.
- (註三六)參 R. G. Collingwood, *Speculum Mentis*, Oxford, 1924, p. 153, and Whitehead, loc. cit.
- (註三七)參 Bertrand Russell, *Our Knowledge of the External World* p. 283。
- (註三八)見回轉第 二百三十九頁。
- (註三九)A. N. Whitehead, and the *Modern World*, Cambridge, 1927, p. 89。
- (註四〇)參 Sir J. H. Jeans, *Eos, or the Wilder Aspects of Cosmogony*, London, 1928, p. 55。
- (註四一)參 R. G. Collingwood, *Speculum Mentis*, p. 148。
- (註四二)參 A. N. Whitehead, *Science and the Modern World*, Cambridge, 1927, pp. 281, 283。
- (註四三)參 *Mysticism and Logic* p. 47。
- (註四四)看上引 *Whitehead*。 書 p. 283。
- (註四五)在荷蘭教會政府中，有一個更民主化的形式，犧牲『近代主義』而轉向『基本主義』。關於這個影響，可參閱 Kinkopp Lake, *The Religion of Yesterday and Tomorrow*, 1925, p. 63。
- (譯註)譯者按此書成於一九二九年，今則竟不幸而言中了。

本書索引

(每條下數字表示本書中頁數)

A

- α -rays, α 射線 364—368.
Abacus, 計算機 78.
Abbāsid Caliph, 阿拔斯朝 72.
Abdera, 阿布得那 23.
Abelard, 阿伯納得 81.
Aberration of light 光行差 337.
Ability, inheritance of, 天賦才能 288.
Absolute, the, 絕對 424.
Absolute quantities, 絕對量 212, 229, 393.
Abstraction, 抽象 343, 437, 449, 447.
Abū-Bakr-al-Rāzi, 阿布巴克阿爾拉目 75.
Abū-Musa-lābir-ibn-Hāiyan, 阿布穆薩
耶伯以本海陽 73, 74.
Académie des Sciences, 科學學院 152, 291.
Academy of Plato, 柏拉圖進修院 28, 68, 72.
Accademia dei Lincei, 林舍學院 152.
Accademia del Cimento, 西門沱學院 152.
Accademia Secretorum Naturae, 自然秘
奧學院 152.
Accessory food factors, 附屬的食物因素
335.
Acetic acid, 醋酸 74.
Acetone, 甲醇 143.
Achaean, 阿啓安 9.
Achilles and the tortoise 阿啓勒與跛龜
18, 423, 427.
Acids and alkalis, 酸類與鹼類 119.
Acquired characters, inheritance of, 外
顯性質的遺傳 277, 284, 289, 327, 329.
Actinium, 錒 361.
Action, 作用 178, 378, 382, 393, 378, 425.
Action at a distance, 隔距離作用 153,
169—170, 176, 298.
Active mass, 有效質量 246.
Adams, F. D., F. D. 阿丹斯 289.
Adams, J. C., J. C. 阿丹斯 89, 154, 180,
497.
Adaptation, 適應 311, 443.
Addison, J., 約瑟夫愛迪生 173.
Adiabatic expansion, 吸熱膨脹 120.
Adonis, 巴比倫的農神 249.
Adrenalin, 副腎素 387, 445.
Adrian, E. D., E. D. 亞得利安 337.
Aegean civilization, 愛琴文明 8.
Aeschylus, 愛啓拉斯 10, 12, 90.
Aesculapius, 愛什庫拉匹 24.
Aether, 以太 29, 150, 163.
Affinity, chemical, 化學親和力 119.
Africa, 非洲 102.
Agnivesa, 阿格里吠沙 7.
Agnosticism, 懷疑主義 307.
Agriculture, 農業 53.
Agrippa, 阿格理拔 52.
Agrippa, Cornelius, 阿格理拔醫生 145.
Ague, 瘧疾 268.
Ahmose, 阿摩斯 5.
Air, nature of, 空氣的本性 29.
Air pump, 空氣吸筒 142.
al-Batani, 阿爾巴丹里 75.
Albertus Magnus, 大阿爾伯特 65, 83.
al-Birūni, 阿爾畢路里 76.
Albury, 阿爾伯利 278.
Alchemy, 鍊金術 73, 76.
Alchemy, The Origins of, 鍊金術的起源 48
—50.
Alemaeon, 阿爾克萊 16, 24, 31.

- Alcohol, 酒精 118.
- Alcuin of York, 約克的阿爾琴 71.
- d'Alembert, 大倫伯 177.
- Alexander of Aphrodisias, 阿弗洛底西亞的阿歷山大 58.
- Alexander the Great, 阿歷山大第一—28, 34.
- Alexandria, 阿歷山得亞 47, 56.
- Alexandria, museum and library of, 阿歷山得亞的博物館圖書館 45, 46.
- Alexandria, The School of, 阿歷山得亞的學校 47—48.
- Alfred the Great, 阿爾弗勒大帝 71, 78.
- Algebra, 代數 56.
- al-Ghazzali, 阿爾賈達理 76, 77, 78.
- Algol, 大陵變星 401.
- al-Hakim, 阿爾哈喀 75.
- d'Alibard, 達理巴得 210.
- Alison, Sir Archibald, 阿里生 69.
- Allbutt, Sir T. C., 愛爾伯特 60.
- Allen, H. S., 愛倫(註二六)—415.
- Alloys, 合金 50.
- Almagest, 大文學百科全書 47.
- Alternating currents, 交流電 245.
- Ambrose, Saint, 聖安布羅斯 66.
- America, discovery of, 美洲的發現 102.
- Amino-acids; 氨基酸 259, 280.
- Ammon, 阿蒙 310.
- Ampere, 安培爾 217, 223, 224.
- Ampere, the, 安培 222.
- Amylase, 酵素(分解澱粉)266.
- Anacharsis, 安拉迦息斯 14.
- Anatomy, 解剖學 19.
- Anatomy and Physiology, 解剖學與生理學 119—126.
- Anaxagoras, 安拉薩果拿 19, 20.
- Anaximander, 安拉息曼德 14.
- Anaximenes, 安拉息孟斯 15, 17, 21.
- Ancient World, Science. in the, 上古世界的科學 1.
- Andes, 安第斯山 271.
- Andrade, E. N. da G., (註四〇)—59, (註二二)—114.
- Andrews, C. W., 安督魯斯 238, 344.
- Andromeda constellation, 仙女座 403.
- “Animal heat”, 動物熱 232.
- Animal spirits, 動物活力 55, 260.
- Animals, experiments on, 動物實驗 250—259, 335—339.
- Animism, 齋蜜崇拜 345.
- Anopheles, 瘧蚊名 268.
- Anselm, 安瑟倫 81, 86, 87.
- Anthony, Saint, 聖安東尼 63.
- Anthrax, 脾熱 267.
- Anthropoid apes, 人猿 344.
- Anthropology, 人類學 285—289.
- Physical, 體質人類學 344—345.
- Social, 社會人類學 345—351.
- Antimony, 銻 74.
- Anti-vivisection, 反生體解剖 458.
- Anubis, 埃及神(導引靈魂至永生界之神)349.
- d'Anville, 丹維爾 271.
- Aphasia, 失語病 339.
- Aphroite, 神名 348.
- Apollonius of Perga, 丕嘉的阿頗洛尼奧斯 46.
- Apothecaries, Society of, 藥劑師會 126.
- Aqueducts of Rome, 羅馬溝渠 58, 55.
- Aquinas, Thomas, 多瑪斯阿奎拉斯 85—90, 111, 115, 359.
- Aquinum, 阿奎南 83.
- Arabian Empire, 阿拉伯帝國 76.
- Arabian School, The, 阿拉伯學校 71—78.
- Arabian-Spanish philosophy, 西班牙—阿拉伯哲學 77.
- Arabic language, 阿拉伯語言 72.
- Archæus, 能 117.
- Archimedes, 阿基米德 23, 31, 36, 40, 41, 42, 45, 89, 107, 108.
- Archimedes and the Origins of Mechanics, 阿基米德及力學的起源 40—42.
- Architecture, 建築學 53.
- Arctæus of Cappadocia, 卡帕多西亞的阿勒特奧斯 54.
- Argon, 氬 236.
- Argument from design, 宿意創世說 311.
- Aristarchus of Samos, 薩摩斯的阿理士達求 42.
- Aristarchus and Hipparchus, 阿理士達求

- 與希帕求斯 42—44.
- Arisophanes, 阿理士多芬 13.
- Aristoll, 阿理士多德 23—35, 16, 22, 23, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 48, 50, 57, 62, 65, 72, 74, 76, 83, 84, 85, 83, 87, 88, 89, 115, 130, 133, 135, 150, 165, 173, 192, 275, 429.
- Arithmetic, origins of, 算術 12, 15, 47.
- Armstrong, 阿爾斯特朗 247.
- Aromatic compounds, 芳香族化合物 257.
- Arrhenius, 愛倫丁斯 247, 250, 254.
- Arsenic, 砷 74.
- Artesian wells, 深井 76.
- Asia, 亞洲 102.
- Asia Minor, 小亞細亞 S, 13.
- Aspects of nature, 自然的觀察 297 303.
- Association psychology, 聯合心理學 304, 308, 339.
- Assyria, 阿敘尼亞 41.
- Astarte, 神名 348.
- Astley, H. J. D., (註二七)——352.
- Aston, F. W., 阿斯頓 17, 330, 337, 339.
- Astrolabe, 觀星儀 73.
- Astrology, 占星術 36, 48, 50, 83, 92, 157.
- Astronomy, 天文學 44, 47, 79, 83, 111, 129, 132, 153, 241, 450.
- Astronomy, spectroscopic, 光譜天文學 442.
- Astro-Physics: The Stellar Universe, 天文物理學: 恆星宇宙 398—402.
- Athanasius, Saint, 阿善拉普斯的聖安東尼 63.
- Athens, 雅典 24.
- Atkinson, G., (註四八)——234.
- Atlantic Ocean, 大西洋 43, 102.
- Atmosphere, pressure of, 大氣壓力 144.
- Atom, Structure of, 原子構造 371—381.
- Atom, the individual, 原子 367, 333.
- model of the, 原子模型 376, 383.
- Atomic disintegration, 原子分裂 364.
- Atomic energy, 原子能量 380.
- Atomic heat, 原子熱 377.
- Atomic nucleus, 原子核 379, 437.
- Atomic number, 原子序數 370, 330, 411.
- Atomic radiation, 原子輻射 384.
- Atomic Theory, 原子論 213—218, 29, 21,
- 22, 25, 32, 35, 33, 48, 52, 72, 137, 182, 275, 299.
- Atomic theory, Indian, 原子論, 印度 8.
- Atomic weights, 原子量 215, 216, 370, 380.
- Atomists, The, 原子論者 20—23, 275, 318.
- Atomists to Aristotle, From the, 從原子論者到阿理士多德 25—33.
- Atoms, destruction of, 原子的毀滅 364, 368, 407.
- Atropa, 阿特里亞 7.
- Attis, 巴比倫農神 348.
- Atwater, 阿特瓦泰 235.
- Augustine, Saint, 聖奧古斯丁 16, 65.
- Available energy, 可用的能 299, 410.
- Averroes, 阿維羅斯 85, 87, 77.
- Avicenna, 阿維齊拉 75, 117, 119.
- Avignon, 阿維仰 35.
- Avogadro, 阿沃加德洛 217, 233.
- Azores, 阿連爾 102.
- B
- β Lyrae, β 天琴星 401.
- β particles, β 質點 351, 391, 392.
- Babbage, C. 巴貝奇 292, (註二)—320.
- Babylonia, 巴比倫里亞 1—4, 35, 38.
- Bacon, Francis, 弗蘭西斯培根 123—129, 90, 107, 121, 123—129, 276, 318, 423, 429.
- Bacon, Roger, 羅哲培根 90—94, 75, 73, 84, 93, 103, 116.
- Bacteria, 細菌 123, 137, 230—237.
- Beer, von, 方拜爾 333.
- Behad, 巴格達德 75, 77.
- Bahamas, 巴哈馬斯 102.
- Bailey, Cyril, 喜里耳 (註三〇)—79.
- Balby, 柏里 291.
- Bain, Alexander, 亞歷山大柏恩 303, 304, 339.
- Baker, Breton, 貝克 247.
- Bakewell, 柏克荷爾 275.
- Balances, torsion, 扭秤 211.
- B Hour, A. J. 巴爾爾 319, (註一四)—321.
- Baliani, 巴爾安尼 157, 160.
- Ball, W. W. Rouse, 博爾 170 (註五)—57, (註七)—211.

- Balmer's series, 巴爾梅 243, (註二四)—414, 385.
- Banting, 班亭 336.
- Barber surgeons, 雜髮外科 126.
- Barometer, 氣壓計 144.
- Barrow, Isaac, 伊薩克巴洛 141, 152, 162.
- Bartlett, F. C., (註一四)—352.
- Bartoli, 巴托里 243.
- Barton, Hannah, 巴頓韓娜 153.
- Basle, 巴斯勒 117.
- Bateson, Beatrice, (註一三)—269, (註一)—851.
- Bateson, William, 威廉白特生 (註一一)—289, (註一三)—289, 283, 293, 322, 323, 327, 328, 331.
- Bandier, 鮑第耶 190.
- Balyiss, Sir W. M., 白利斯(註一二)—351, 336.
- Beagle, voyage of the, 小獵犬 272, 278.
- Beccher, 柏克爾 163.
- Becquerel, H., 亨利柏闊勒 355, 381.
- Bede of Jarrow, 雅羅的畢得 71.
- Behaviourism, 行爲主義 338, 339, 340, 430.
- Bel, Le, 勒柏爾 258.
- Bell, Sir Charles, 柏爾爵士 261.
- Bellarmino, Cardinal, 大主教白拉明 116.
- Beltrami, 柏爾突那米 209.
- Bemont, 柏滿特 331.
- Benares, 本拿里斯 7.
- Benedetti, 本列底揚 134.
- Benedict, 本勒底克迪 265.
- Benedictines, 本勒底克派 70.
- Beneke, 本列克 306.
- Bentham, 邊沁 314.
- Bentley, R., 彭特列 175.
- Benzene, 苯 257.
- Berengarius of Tours, 都爾斯的柏倫嘉留 80.
- Bergson, 柏格森 393, 420, 421, 427, 448, 449.
- Berkeley, Bishop, 柏克列 137, 142, 193, 194, 201, 305, 317, 445, 448.
- Bernard, Claude, 本拉得 262, 263, 341.
- Bernard, Saint, 聖本拉得 81, 97.
- Bernard Sylvesteris, 本拉得西爾威士徒 82.
- Bernier, 柏理耶 190.
- Bernoulli, D., 本諾烏里 162, 230, 233, 234.
- Berossos, 柏羅沙斯 37.
- Berthelot, 柏塞洛 74.
- Berthollet, 柏索勒 214, 246, 247.
- Berzelius, J. J., 柏遮留斯 216, 221, 247, 253, 257, 259.
- Bessel, 柏色爾 399, 406.
- Best, 白斯特 336.
- Bestiary, 動物學 67.
- Bichat, 畢恰特 266, 261, 341.
- Biffen, Sir Roland, 畢芬 324.
- Biology and Anthropology, Recent Development in, 第八章生物學與人類學近今的發展 322.
- Biology, history of, 生物史 341.
- Biology, The Significance of, 生物學的意義 255—256.
- Biology, The Position in, 生物學的地位 322—323.
- Biology and Materialism, 生物學與唯物主義 307—308.
- Biometry, 生物測算 327.
- Binomial theorem, 二項式定理 162.
- Birth-rate, 生殖率 329, 330, 331.
- Black Death, the, 黑死病 99.
- Black, Joseph, 布拉克 184, 209.
- Blood, chemistry of, 血液化學 263.
- circulation of, 血液循環 55, 109, 121, 122.
- Boerhaave, 波爾哈夫 183, 188.
- Boethius, 波耶修斯 68, 71.
- Bohr, N., 波耳(註二二)—414, 381, 382, 440, 439, 444.
- Bohr's Theory, 波耳學說 381—384.
- Bois Reymond, E. Du and P. du, 銳蒙 305, 318.
- Bokhara, 波克哈拉 75.
- Bologna, 波倫亞 79, 112, 119, 122.
- Boltzmann, 博爾茲曼 234, 235, 240, 243, 450.
- Balyai, 波野 202, 296.
- Boniface, Saint, 聖龐理費司 114.
- Boole, G., 布爾 297, 424.

Borch, 波爾序 183.
 Borelli 波利里 123.
 Born, 博爾恩 384.
 Borsippa, 波希帕 3.
 Boscovitch, 波斯哥維其 299.
 Bossuet, 波蘇特 191.
 Bostock, J., (註四三)—59.
 Botanic gardens, 植物園 123.
 Botany, 植物學 123—127, 35, 53.
 Botany, Zoology and Physiology, 植物學
 動學及生理學 185—189.
 Bourget, Vacher de, 布爾惹 310.
 Bourne, G. C., (註一二)—289.
 Boussingault, 鮑善古 232.
 Bower, F. O., 保衛爾 327—328.
 Boyle, Hon. Robert, 羅伯特波耶爾 74,
 129, 141—144, 150, 157, 180, 183, 213, 299.
 Boyle's Law, 波耶爾定律 233, 236.
 Bradley, James, 詹姆斯布拉得勒 387.
 Bragg, Sir William, 威廉布拉革爵士 339,
 454.
 Bragg, W. L., 布拉革 369.
 Brain, 腦 46, 124, 125, 138, 172, 189, 260,
 333.
 Breathing, 呼吸 123, 124.
 Brehm, 布列門 283.
 Britain, 不列顛 42, 54, 71.
 Broad, C. D., 布羅德 431, 437, (註二九)—
 431, 449.
 Broglie, Prince L. de, 得布勞格里 378,
 385, 440.
 Brown, Graham, 謝林登布朗 333.
 Brown, Robert, 布朗 233, 333.
 Browne, Sir T., 布朗爵士 143.
 Brownian movement, 布朗運動 237, 333,
 334.
 Brünn, 布柳痕 323.
 Bruno, G., 布魯諾 96, 115.
 Bryant, 白利安 265.
 Büchner, 畢許納 267, 300, 303, 307.
 Buddha, 佛陀 7.
 Buddhism, 佛教 319.
 Buddhist atomism, 佛教原子論 72.
 Buffer action, 防蝕作用 335.

Buffon, 布豐 187, 274, 276, 292.
 Bull, L. S., (註六)—57.
 Bunsen, von, 彭省 242.
 Burghley, Lord, 巴爾格列勳爵 126.
 Burnet, J., (註一〇)—57, (註二四)—58,
 (註一九)—58, (註一八)—58.
 Burt, E. A., 巴爾 (註二一)—53, (註四一)—
 147, (註一四)—148, (註一九)—148, 135,
 (註二〇)—148, 141, (註二三)—203, 172,
 449.
 Bury, J. B., (註一四)—58.
 Byzantium, 拜占庭 69, 78.

C

Caballa, 卡巴拉 82.
 Cabanis, 加巴尼斯 303.
 Cabot, 卡保特 190.
 Caesalpinus, 克薩平拉 120.
 Caesar, Julius 愷撒 52.
 Caesium, 鎇 218.
 Cairo academy, 開羅 75.
 Cajori, 卡覺理 153, 154.
 Calculus, infinitesimal, 微分學 161, 177,
 178.
 Caloric theory, 卡洛里說 209, 230.
 Calorimetry, 卡洛里注 209.
 Calvin, 克爾文 111, 120.
 Cambridge, 劍橋 79, 121, 127, 141, 151, 152,
 153, 273, 278, 292, 293, 361.
 Cambridge Platonists, 康橋的柏拉圖派
 140.
 Campbell, N. R., 康姆柏爾 423, 432, 434,
 437.
 Cancer, 癌 264.
 Cane sugar, inversion of, 蔗糖的轉化 246,
 250, 334.
 Cannizzaro, 堪尼渣洛 21, 217, 218.
 Cantor, G., 康托爾 422, 427.
 Capillarity or surface tension, 毛管現象
 或表面張力 179.
 Capillary vessels, 毛細管 122.
 Caraka, 喀納卡 7.
 Carbohydrates, 炭水化合物 259, 265.
 Carbon and Nitrogen Cycles, 炭與氮的循

- 表 250—271.
- Carbon dioxide, 二氧化碳 184.
- Carbon monoxide, 一氧化碳 215, 233.
- Carboxyl, 羧基 259.
- Carlisle, 卡萊爾 220.
- Carnot, Sadi, 卡爾諾 237.
- Carpenter, W. B., 卡彭合 231.
- Carpi, 卡爾丕 119.
- Cartesian geometry, 座標幾何 137.
- Case, J., (註二—) 201.
- Case, T., (註六—) 430.
- Cashmir, 喀什達兒 7.
- Cassiodorus, 克爾多拉斯 68, 71.
- Catalysis, 媒介作用 247, 266.
- Cathay, 中國 102.
- Catherine, Empress, 卡瑟玲皇 233.
- Cathode Rays and Electrons, 陰極射線與電子 355—359.
- Cato the Censor, 喀托 51.
- Cauchy, 考啓 223.
- Causality, 因果 23, 194, 428, 429, 447.
- Cavendish, H., 卡文迪喜 184, 211.
- Cavendish Laboratory, 卡文迪喜實驗室 232—233.
- Cayley, 開勒 299.
- Cells, organic, 細胞 234, 255, 237, 321, 325.
- Celsus, 蓋爾蘇斯 53, 117.
- Centre of gravity, 重心 41.
- Cepheid variables, 造父變星 401, 403.
- Cesalpinus, A., 舍薩平尼 35, 185.
- Chadwick, (註一五—) 415.
- Chaldeans, 巴比底 3.
- Challenger, voyage of the, 赫拉格 272.
- Chamberlin, T. C., 錢博倫(註四二—) 417, 409, 410.
- Chambers, Robert, 錢博斯 277.
- Chanson de Roland, 羅蘭之歌 93.
- Chargot, J. M., 卡可特 231.
- Chardin, 恰登 190.
- Charlemagne, 查理曼 71, 78, 144.
- Charles I, 查理一世 121.
- Charles V, Emperor, 查理第五 120.
- Charles' Law, 查理士定律 234.
- Charms, magic, in England and Wales, 魔術治療在英格蘭威爾士 24.
- Chartres, 夏脫爾 31.
- Châteauf, Madame dn, 夏泰理夫人 177.
- de Chaucourtois, 德李柯脫 218.
- Chelsea physic garden, 捷爾西藥園 123.
- Chemical Action, 化學作用 245—247.
- Chemical affinity, 化學親和力 119, 216, 221, 245.
- Chemical combination, 化學化合 213, 333.
- Chemical constitution, 化學成分 215, 256, 258, 259, 2 0, 336.
- Chemical Effects of Electric Currents, 電流的化學效應 220—223.
- Chemical elements, 化學元素 74, 113, 370—375.
- Chemistry, of, 化學 160—135.
- Chemistry, Organic, 有機化學 255—230.
- Chicken-cholera, 雞霍亂症 237.
- Child, J. M., (註一〇—) 292, (註一四—) 292.
- Chimborazo, 琛波拉佐 271.
- China, 中國 7, 102.
- Chlorine, atomic weight of, 氯的原子量 213, 330.
- Chlorophyll, 葉綠素 239, 270.
- Christian Fathers, 教會的神父 57, 32—37.
- Christianity, 基督教 37, 37, 63, 65, 66, 67, 350, 455.
- Christina Queen of Sweden, 瑞典王后克利斯靚娜 137.
- Chromosomes, 染色體 325.
- Chromological measurements, 經度的量度 189, 272.
- Chronometer, 經度儀 189.
- Church of England, 英格蘭教會 458.
- Churches, the, 教會 457.
- Cicero, 西塞洛 42, 52, 112, 310.
- Circle, mensuration of, 圓周 41.
- Circumnavigators, 環遊地球的航海家 102, 190.
- Civil War, 內戰 152.
- Civilization, Aegean, 愛琴文明 3.
- Civilization of river valleys, 大河流域文明 1.

- Civilization, The Beginnings of, 文明的
 起始 1.
- Clark, Alvan, 克拉克 406.
- Clark, S., S 克拉克 175.
- Classification, 分類 27, 68, 79, 347.
- Classification of plants and animals, 植
 動物的分類 183, 274.
- Claussius, 克勞息斯 233, 234, 237, 239, 249.
- Clement IV, Pope, 克里孟得第四 91.
- Clement VII, Pope, 克里孟得七世 114.
- Cleves, William, Duke of, 克利夫斯公爵
 145.
- Clifford, W. K., 克里福特 297, 317, 419.
- Cloud nuclei, 霧滴的核心 357, 368.
- Cloyne, Bishop of, See Berkeley
 Bp
- Cnidus, 克尼多斯 21.
- Coagulation of colloids, 膠狀體的凝結 333.
- Cogoleto, 柯果勒托 102.
- Coleridge, 柯列利基 291.
- College of Arms, 武力 310.
- Colley, H., (註二)—201.
- Colling, 柯林 275.
- Colling-wood, R. G. (註四一)—132, (註三
 六)—162.
- Colloids, 膠狀體 248, 265, 266, 332, 333.
- Cologne, 科倫 86.
- Colophon, 柯羅方 9.
- Colour, theory of, 顏色的理論 163, 295.
- Colours of thin plates, 薄膜的色彩 163,
 225.
- Columbus, Christopher, 哥倫布 93, 102,
 191.
- Combustion, 燃燒 183, 185.
- Communion, rites of, 教會儀式 349.
- Compendiums 註釋 53, 63.
- Compton, A. H., 康勃頓 375.
- Concept of Organism, 機體論的概念 447
 —449.
- Concepts, physical, 物理概念 429, 433,
 435, 447, 459.
- Condorcet, 裏多塞 291.
- Conic sections, 圓錐剖面 46.
- Consciousness, 意識 197, 200, 303, 312, 449.
- Conservation laws, 常住定律 230, 433.
- Conservation of energy, 能的不減 230,
 285, 300, 433, 424.
- Constantine VII, 君斯坦丁第七 76.
- Constantine the African, 非洲人君斯坦
 丁 76.
- Constantinople, 君士坦丁堡 71, 73, 84, 90,
 100.
- Council of, 君士坦丁堡的參事會 65.
- Constitutional formulae, 構造式 257.
- Continuity, 連續性 425.
- Cook, James, 詹姆士克克 188.
- Co-ordinate geometry, 座標幾何學 137.
- Copenhagen, 柯本哈根 129, 223.
- Copernicus, 哥白尼 111—116, 16, 93, 129,
 130, 131, 132, 133, 135, 147, 149, 203.
- Cord, rule of the, 繩的規則 15.
- Cordova, 柯多瓦 77, 78.
- Cordus, Valerius, 柯達斯 118, 123.
- Cork, Earl of, 可克伯爵 141.
- Cornford, F. M., 康福得(註一七)—58, (註
 一八)—53, 345.
- Corpuscles, 微粒 353, 357.
 of the blood, 血球 123.
- Correlation, coefficient of, 相關係數 323.
 of forces, 力的關聯 231.
- Correns, 柯倫斯 322.
- Cos, 柯斯 24.
- Cosmogony, 宇宙原始論 430—433, 43, 44,
 81, 112—113, 179, 412.
- Cotes, Roger, 柯第斯 163.
- Coulomb, 庫隆 211.
- Council of Constantinople, 君士坦丁堡的
 參事會 65.
- Counter-earth, 對星 16.
- Couper, 古拔 257.
- Cousin, 古敦 291.
- Creative evolution, 創造的進化 420, 449.
- Creighton, Bishop Mandell, 克列頓主教
 194.
- Crete, 克里特島 8.
- Cretinism, 克汀病 255, 336.
- Critical potentials, 臨界電位 383.
- Cro-Magnon race, 克羅馬農族 344.

- Crommelin, 克朗麥林 393.
 Crookes, Sir William, 若魯克斯爵士 353, 355, 362, 365.
 Crops, rotation of, 輪種 271.
 Croton, 克羅頓 24.
 Cruickshank, 克魯克祥 220.
 Crusades, 十字軍 102.
 Crystal structure, 結晶的形式 143, 339.
 Crystalloids, 結晶體 249, 332.
 Curie, M. and Mme, 居禮夫婦 351, 363.
 Currency, 通貨 2, 69, 103.
 Curtius, 寇梯司 250.
 Cusa, Nicholas of, 庫沙的尼柯拉斯 95.
 Cuvier, 寇維葉 272, 273, 274, 291.
 Cybele, 神名 349.
 Cycle, thermodynamic 環週, 熱力學的, 237.
 Cycles and epicycles, 均輪與本輪 44, 111.
 Cycloid, 擺線 155.
 Cyrene, 希倫 46.
 Cyril, patriarch, 教長蓋里耳 53.
- D
- σ Cephei, 造父變星 401.
 Daemon, Maxwell's, 魔鬼馬克斯威爾的, 241, 301.
 Dalton, John, 多爾頓 20, 214, 215, 216, 217, 218.
 Dampier, William, 威廉丹丕爾 190.
 Dampier-Whetham, W. C. D., 丹丕爾(註二)—253, (註八)—351, (註一)—413.
 Dante, 但丁 97, 100.
 Danube, 多瑙河 9.
 Dark Ages, The, 黑暗時代 68—71, 61.
 Darwin, Charles, 查里士達爾文 278—280, 285, 272, 283, 285, 294, 303, 306, 310, 311, 317, 319, 320.
 Darwin, C. G., C. G. 達爾文 369.
 Darwin, Erasmus, 恩瑪斯達爾文 277, 278.
 Darwin, Sir George, 達爾文爵士 157.
 Darwin, R. W., 洛伯特爾達爾文 278.
 Darwinism, 達爾文主義 283, 303, 316, 322.
 Davisson, 戴維森 386.
- Davy, Sir Humphry, 戴維 216, 221, 230, 247.
 Dawson, 陶森 344.
 Death-rates, 死亡率 239, 330.
 Dabye, 德拜 377.
 Decline and Fall of Learning, 學術的衰退 55—57.
 Deduction, 演繹 14, 33, 39, 493.
 Deductive Geometry, 演繹幾何學 39—40, 14, 40.
 Defoe, 笛福 150.
 Degrees of freedom, 自由度 235.
 Deism, 自然神教論 193.
 Delaporte, L. J., (註一)—57.
 della Torre, Antonio, 安托理奧得納托勒 106.
 Deluge, the, 洪水 109.
 Demeter, 低米太兒 11.
 Democritus, 德謨克里達 20, 22, 23, 31, 35, 33, 49, 52, 87, 133, 167.
 de Natura Deorum, 論神的著作 52.
 Density, 密度 40.
 "Dephlogisticated air", 脫燃質的空氣 230.
 de Rerum Naturae, 物性 52.
 Descartes 德卡爾 89, 137, 150, 151, 163, 165, 167, 172, 183, 276, 307, 308.
 Descartes to Boyle, From, 從德卡爾到波耶爾 137—144.
 Determinism, 宿命論 300, 302, 341, 343.
 Determinism and Materialism, 宿命論與物質主義 198—201.
 Dextrose, 右旋糖 246.
 Diabetes, 糖尿病 252.
 Diderot, 迪德路 177.
 Dielectric constant or specific inductive capacity, 電介常數或比感量 229.
 Dielectric medium, 電介質 229.
 Dielectric polarization, 電介偏極 244.
 Differential equations, 微分方程式 162, 178, (註三五)—234.
 Diffraction gratings, 繞射光柵 369.
 Diffraction of light, 光的繞射 163.
 Diffusion of gases, 氣體的擴散 235.

of irons, 離子的擴散 357.
 of liquids, 液體的擴散 248.
 Digby, Sir Kenelm, 第倫伯爵士 141.
 Digestion, 消化 333.
 Dimensions of units, 單位的因次 213.
 Di-molecular reaction, 雙分子反應 246.
 Diocletian, 第奧克里顯 50.
 Diogenes the Babylonian, 巴比倫人戴奧芬斯 51.
 Dionysos, 第沃力索斯 11, 12.
 Diophantus of Alexandria, 阿歷山得亞的
 第奧放達斯 55.
 Dioscorides, 第奧斯柯理得 53.
 Diphtheria, 白喉症 233.
 Dirac, 笛拉克 334.
 Disease, selective action of 疾病的選擇作用 309.
 Dispersion of light, 光的屈折 163.
 Dissociation theory, 分離說 250.
 Döbereiner, 登柏乃納 217.
 Dog-fish, 狗魚 334.
 Dominant characters, 顯性 323.
 Dominicans, 多明我派 77, 83, 91.
 Dominis, A. de, 安托路德多明尼 163.
 Doppler's principle, 度卜勒原理 241, 406.
 Darians, 多利安 9.
 Double refraction, 複曲折 225.
 Driesch, 杜里舒 342.
 Drosophila, 果蠅 325, 328.
 Drugs, 藥品 118, 126.
 Dryden, 都乃登 191.
 Dualism, 兩元論 94, 138, 140, 197, 445.
 Dualistic theory of chemistry, 化學的兩元理論 217.
 Daboig, See Sylvius
 Damas, 杜馬 262.
 Duns Scotus, 東斯史柯達斯 78, 94, 99.
 Dwarf and giant stars, 巨星與矮星 400.
 Dwarfism, 身材矮小病 337.
 Dynamics, 力學 135, 136.

E

Earth, age of, 地球的年齡 301, 451.
 Ebers papyrus, 埃巴斯紙書 G.

Eclipses, 日月蝕 3, 44.
 Economics, 經濟學 69, 103, 303, 319.
 Elephantus, 愛克希達 42.
 Eddington, 愛丁敦 385, 393, 406, 411, 412,
 431, 435, 444, 446, 448, 449, 450, 456.
 Eden, Garden of, 伊登樂園 191.
 Edgehill, 愛及赫爾 121.
 Edinburgh, 愛丁堡 275.
 Egg, development of, 鵝卵的發達 30.
 Ego, problem of, 自我問題 449.
 Egypt, 埃及 4—7, 24, 35, 39, 41.
 Einstein, 愛因斯坦 159, 171, 209, 223, 227,
 293, 377, 390, 393, 397, 407, 412.
 Elea, 伊里亞 18.
 Electric atomic weight, 電原子量 330.
 Electric conductivity, 電導度 224.
 of gases, 氣體電導度 354.
 Electric contraction, 電收縮 300, 331.
 Electric Current, 電流 219, 223—225.
 Electric deflection, 電偏轉 355, 359, 361.
 Electric forces and chemical affinity, 電力與化學親和力 213, 221.
 Electric potential, 電位 224.
 Electric Waves, 電波 241—245, 229.
 Electricity, 電學 127, 210, 227.
 Electro-chemical equivalents, 電化當量 222.
 Electro-chemistry, 電化學 220, 250.
 Electrode, 電極 221.
 Electrolysis, 電解 222, 223, 243.
 Electrolytic conductivity, 電解導度 243.
 Electrolytic polarization, 電解偏極 220.
 Electromagnetic Field of Force, 電磁場力 223—229.
 Electromagnetic induction, 電磁感應 227—228.
 Electromagnetic theory of light, 光的電磁說 245.
 Electromagnetic Units, 電磁單位 229—230.
 Electromagnetism, 電磁學 203, 207, 229, 440.
 Electron, size of, 電子大小 330.
 structure of, 電子之構造 337.

- Electronic charge, 電子電荷 355, 356, 357, 358, 398.
- Electronic interference, 電子的干涉作用 386.
- Electronic mass, 電子的質量 355, 356, 357, 358.
- Electronic orbits, 電子軌道 382, 384, 383.
- Electronic radiation, 電子輻射 376.
- Electronic theory, 電子學說 358, 359.
- Electrons and protons, 電子與質子 405, 407.
- Electrostatic capacity, 帶電量 229.
- Electrostatics, 靜電學 210.
- Elements, 元素 14, 15, 17, 18, 19, 20, 27, 117, 143, 144, 370, 411.
table of, 元素表 370.
- Eleusinian mysteries, 依留希里 10.
- Elixir vitae, 仙丹 73.
- Elizabeth, Queen, 依麗沙白皇后 128.
- Ellis, C. D., 愛理思 332.
- Elster, 愛爾斯特 359.
- Emanations, radio-active, 射氣, 放射性 362.
- Embelling, 塗香料以保全屍身 345.
- Embryology, 胚胎學 25, 29, 85, 123, 263.
- Eminent men, 優秀人 233, 331.
- Emotion, 情感 339.
- Empedocles, 恩不多克斯 20, 24, 165, 275.
- Empirical formulae, 實驗式 257.
- Empiricism, 經驗主義 421.
- Emulsoid, 膠乳 334.
- Encyclopaedia, 百科全書 293.
- Encyclopaedists, French, 法國百科全書派 131, 137, 147, 177, 198, 341, 419, 431.
- Energy, 能 168, 231, 232, 236, 392.
and mass, 質量與能 392.
conservation, 能的不滅 231, 300, 433.
dissipation of, 能的消散 240.
levels, 能階 383, 384, 387.
of the atom, 原子能 361.
of stars, 恆星能 442.
radio-active, 放射能 364.
- Energy, Theory of, 能量的理論 300—302.
- Engines, reversible, 機器, 可逆的 287, 288.
- Entropy, 熵 241, 239, 302, 395, 394, 449, 450.
- Enzymes, 酵素 247, 266, 267.
- Ephemerides, 天文曆書 101.
- Epicurus, 愛匹達拉斯 22, 38, 72, 150, 165, 213.
- Epicycles, See Cycles
- Epidaurus, 埃匹道拉斯 24.
- Equations, indeterminate, 不定式 56.
- Equilibrium, chemical and physical, 平衡, 化學與物理的, 239.
- Erasistratus, 伊拿思斯托拉達 45.
- Erasmus, 伊拿思穆 101, 110.
- Eratosthenes, 伊拿多盛斯 46.
- Erigena, 埃理靜那 80, 86.
- Erman, 埃耶曼 221.
- Eros, 依諾斯 11.
- Eros, planet, 愛神星 398.
- Error, Law of, 差誤律 234.
- Eternity, 永生 452.
- Ether, 醚 118.
- Ethics, 倫理 314.
- Euclid, 攸克里特 14, 15, 39, 43, 74, 79.
- Eudemus of Rhodes, 洛得斯的攸底瑪斯 39, 46.
- Eudoxus of Cnidus, 克尼多斯的攸多模斯 35, 43.
- Eugenics, 優生學 309.
- Euler, 攸勒 178.
- Euphrates river, 攸發拉底 1, 3.
- Euripides, 攸里匹得斯 90.
- Europe, Reconstruction of, 歐洲的改造 71.
- Evanescence of Matter, 物質的消滅 440—442.
- Evans, Sir Arthur, 伊文思
- Evans, C. Lovatt, (註三三) — 462.
- Evolution, 演化論 255, 308, 312, 322, 421.
- Evolution and Philosophy, 演化論與哲學 315—320.
- Evolution and Religion, 演化論與宗教 311—315.
- Evolution before Darwin, 達爾文以前的演化論 275—278.
- Evolution, Recent views on, 演化的近今看法 327—328.

Evolution, The fight for, 演化論的論戰 280—285.

Ewen, C. L'Estrange, (註二三)—148.

Expectation of Life, 生命的預言 441.

Experimental method, 實驗法 91, 93.

Experiments of nature, 自然的實驗 318.

F

Fairchild, H. N., (註四九)—201.

Fallacy of misplaced concreteness, (誤置具體的錯誤) 448.

Falling bodies, laws of, 物體降落定律 133.

Family history, 家族歷史 310.

Faraday, Michael, 法勒第 203, 222, 223, 227, 228.

Faraday's laws, 法勒第定律 223.

Farr, William, 法爾 308.

Fatalism, 命運論 37.

Fathers of the Church, The, 教會的神父們 62—37.

Fats, 脂肪 259.

Fechner, 費許納 306.

Ferdinand and Isabella, 菲羅南與伊薩白娜 102.

Fermat, 費馬 291.

Ferments, 酵母 50.

Fertility cults, 增長的教儀 11.

Fichte, 菲希德 293.

Field physics, 場地物理學 212.

Fight for Evolution, The, 演化論的論戰 280—285.

Finalism, 最終論著 420.

Fire theories, 火的理論 20.

First Cause, 第一原因 139.

Fischer, Emil, 恩米爾費雪 253.

Fishes, 魚 19.

Fitz Gerald, G. F., 費茲格拉德 390.

Fizeau, 費佐 388.

Flamsteed, (註一八)—202.

Florence, 弗洛倫次 105.

Fluid theories, 流體理論 200.

Fluids, Imponderable, 不可稱量的流體 200—212.

Fluxions, method of, 流數術 161.

Folkestone, 福爾克斯東 121.

Fontenelle, 豐特列爾 222.

Food, heat value of, 食物的燃燒價值 265.

Foot-and-mouth disease, 腳與嘴病 239.

Force hypermécanique, 生力論假說 264.

Force, lines of, 力線 223.

Force, parallelogram of, 力的, 平行四邊形 153.

Formulae, chemical, 化學式 257.

"Fortuitous concourse of atoms" (原子的意外的集合) 452.

Fossils, 化石 273.

Foster, Sir M., 福斯德 120.

Foucault, 佛科 241.

Foulques, Guy de, 格德富克 91.

Fourier, 福利耶 208.

Fowler, R. H., 佛萊 333.

Fabricius of Aquapendente, 法布理息 123.

Francis of Assisi, Saint, 阿吉西的聖弗蘭息斯 97.

Francis I, King of France, 弗朗西斯第一, 法國國王 105.

Franciscans, 芳濟各會士 91.

Franck, 佛蘭克 253.

Frankland, 弗蘭克南 257.

Franklin, B., 弗蘭克令 210.

Fraser, Campbell, 弗列塞 193.

Fraunhofer, 弗朗霍福 241.

Frazer, Sir J. G., 弗勒惹 312.

Freedom, degree of, 自由度 235.

Free-Will and Determinism, 自由意志與定命論 442—447.

Freezing-points of solutions, 溶液的凝固點 210.

Frege, 弗勒文 422.

Fresnel, 弗勒斯納 225, 223.

Freud, 弗洛得 341.

Freund, Ida, (註四〇)—204.

Friars, the, 修士 83.

Friedrich, 弗立得立希 369.

Fritsch, 勿里其 333.

Frontinus, 福朗丁拉斯 53.

Frosch, 弗洛德 239.

Fundamentalism, 基本主義 453.

G

- γ rays, γ 射線 331.
 Gadd, C. J., (註四)—37.
 Gaetano, Cardinal, 天主教蓋達理 116.
 Galactic plane, 銀河平面 492.
 Galen, 蓋倫 54, 55, 78, 117, 119, 120, 123, 138, 150.
 Galileo, 蓋理略 131—137, 31, 36, 88, 89, 107, 103, 113, 141, 144, 149, 150, 157, 158, 159, 160, 161, 169, 213, 318.
 Gall, F. J., 葛爾 250.
 Galle, 格勒 180.
 Gallium,
 Galton, Sir Francis, 葛蘭息斯哥爾登 238, 239, 309, 323, 329.
 Galvani, 蓋爾凡尼 219.
 Galvanism, 蓋爾凡現象 219, 221.
 Galvanometer, tangent, 正切電流計 230.
 Gases, 氣體 118.
 combination of, 氣體化合 217.
 laws of, 氣體定律 233, 250.
 reactions of, 氣體作用 247.
 Gases, Kinetic Theory of, 氣體動力說 233—237.
 Gaskell, 加斯開爾 338.
 Gassendi, 蓋勝底 142, 150, 151, 213, 299.
 Gauss, C. F., 高思 293, 212, 213, 229, 234, 292, 293.
 Gay-Lussac, 格盧薩克 217.
 Geber, 格柏爾 74, 82.
 General Tendencies of Scientific Thought, 科學思想的一般趨勢 291—298.
 Genesis, Book of, 創世紀 272.
 Geneva, 日內瓦 120.
 Geocentric theory, 地球中心的學說 35.
 Geodesy, 地學 77.
 Geoffroy, 覺弗洛耶 133.
 Geographical Discovery, 地理的發見 189—191, 42.
 Geology, 地質學 272—274.
 Geometry, 幾何學 2, 5, 15, 79.
 Geometry, Deductive, 演繹的幾何學 29—40, 41.
 Georgics, 農事詩 53.
 Gerard, J., 約翰格納得 123.
 Gerbert, 格爾培 78.
 Germ cells, 生殖細胞 324—325.
 German universities, 德國大學 222.
 Germany, 德國 54.
 Germer, 荷茂爾 383.
 Gibbs, Willard, 紀卜士 240.
 Giessen, 紀森 232.
 Gigantism, 肥大病 337.
 Gilbert, Sir J., 吉爾柏博士 270.
 Gilbert of Colchester, 柯爾捷斯吉的吉爾伯 127—128, 149, 151.
 Giraffe, neck of, 長頸鹿 277.
 Glaisher, J. W. L., 格來徐 151, 153.
 Glands, 腺 122.
 Glaucus, 格勞卡斯 14.
 Glazebrook, Sir R., (註一五)—252.
 Glibson, 格里孫 123.
 Globular clusters,
 Glycogen, 肝素糖 252.
 Gnomon, 日規 2.
 Gnosticism, 諾斯替教義 37.
 Godron, 哥德朗 276.
 Goethe, 荷特 276.
 Goutte, 甲狀腺腫 336.
 Gold, transmutation into, 金 49, 50.
 Gold and silver mines, 金銀礦 69.
 Golden Bough, The, 金枝集 313, 347.
 Goldstein, 哥爾德斯里 353, 355, 359.
 Gomperz, T., (註一八)—53.
 Goss, Philip, 哥斯 311.
 Gothic kingdom, West, 西戈特國 77.
 Graebner, 格列布拉 345.
 Graham, T., 谷勒漢 233, 248, 332.
 Gram, (公分)克 212.
 Grantham, 格蘭山 152.
 Graves' disease, 格內弗斯病 325.
 Gravitation, 重力 152—157, 169, 171.
 Gray, Asa, 阿薩古列 280.
 Greece and the Greeks, 希臘與希臘人 8—10.
 Greek, revival of, 希臘的復興 90.
 Greek Medicine, 希臘醫學 24—25.

Greek Religion and Philosophy, Origins of, 希臘宗教及哲學起源 10—11.
 Green, 格林 212.
 Greenwich time, 格林維基時代 159.
 Gregory XIII, 古列果理第十三 52.
 Gregory of Tours, 都爾斯的古列果理 65, 71.
 Gresham College, 格勒漢學院 152.
 Grew, N. 格魯 186.
 Grimaldi, 格林瑪第 163.
 Grossseteste, Robert, 格羅舍特士 84, 85.
 Gotthus, 格羅舍斯 232.
 Group velocity, 羣速 385.
 Grove, Sir W. R., 古洛夫爵士 231.
 Guericke, von, 方古理克 142.
 Guldberg, 古爾柏格 246.
 Gunpowder, 火藥 124.
 Gunter, 耿特爾 153.
 Gunther, R. W. T., (註四)—201.

H

Haddon, A. C., 哈東 9.
 Haeckel, 海克爾 187, 283, 308, 317, 322, 341.
 Haemoglobin, 血球素 263.
 Haldane, J. B. S., 赫爾丹 411.
 Haldane, J. S., 霍爾登 335, 342, 443.
 Hales, Stephen, 赫爾斯 153, 183.
 Hall, Marshall, 霍爾 261.
 Haller, Albrecht, von, 哈納 260, 139.
 Halley, 哈列 155.
 Halliday, (註一七)—58.
 Hamilton, Sir W. R., 漢米爾頓爵士 203, 397, 434.
 Hanno, 漢訖 42.
 Hardy, Sir W. B., 哈代爵士 333, 338.
 Harrison, Jane E., 哈利孫 345, 346.
 Hārūn-al-Rashid, 赫隆阿爾拉息得 72.
 Harvard, 哈佛 404.
 Harvey, W., 哈維 55, 120, 121, 122, 146, 150.
 Haskins, C. H., (註一六)—98.
 Haüy, Ab' é, 阿爾 291.
 Head, Sir H., 黑德爵士 339.
 Heat and the Conservation of Energy, 熱及能的不變 230—233.

Heat, 熱 209.
 latent, 潛熱 209.
 mechanical equivalent of, 熱的機械當量 231.
 specific, 比熱 209.
 Heat engines, 熱機器 237.
 Heath, Sir T. L., (註二九)—59.
 Heaviside layer, 赫維賽層 385.
 Hegel, 黑格爾 273, 294, 295, 421, 422, 424.
 Heisenberg, 海森堡 334, 385, 386, 439, 440.
 Heliocentric theory, 太陽中心學說 43.
 Helios, 日神 19.
 Helium, 氦 236, 330.
 Hellenistic Civilization, 希臘的文明 35—39.
 Hellriegel 赫爾理格 270.
 Helmholtz, H. von, 赫爾霍爾茲 209, 210, 223, 231, 239, 254, 254, 295, 300, 301, 305, 308.
 Helmont, van, 范赫爾孟 118, 125, 183.
 Henderson, Lawrence, 亨德生 343.
 Henderson, 恆德生 399.
 Henry the Navigator, Prince, 航海家亨利王子 102.
 Heraclides of Pontus, 秀托斯的赫拉克里得 42.
 Heraclitus, 赫拉克里達 15, 17, 21.
 Herbart, 赫巴特 303, 339.
 Herculaneum, 赫寇蘭留姆 54.
 Hercules, constellation, 武仙星座 402.
 Hercules, pillars of, 赫寇勒斯柱 42.
 Herder, 赫爾德 312.
 Heredity, 遺傳 260, 325, 326.
 Heredity and Society, 遺傳與社會 328—332.
 Hermes Trismegistos, 赫爾美 49, 82.
 Hero of Alexandria, 亞歷得山里亞的赫羅 47.
 Herodotus, 赫洛多達斯 9, 11.
 Herophilus, 赫羅菲拉斯 45, 46.
 Hershel, Sir W., 赫爾薛 232, 296.
 Hertz, G., G 赫爾茲 383.
 Hertz, H., H 赫爾茲 245.
 Hertzprung, 赫爾茲斯勃倫 399, 401.

- Hesiod, 赫西沃得 9.
 Hiero, King of Syracuse, 希羅 E 40.
 Hilbert, 希爾伯特 397.
 Hildegard, Abbess, 阿倍士肯爾得寶 82.
 Hipparchus, 希帕勒斯 33, 47, 111.
 Hipparchus and Aristarchus, 希帕勒斯與阿理士達求 42—44.
 Hippocrates, 希頗克拉底 25, 31, 70.
 Hippocratic oath, 希頗克拉底誓詞 24.
 Hippolytus, 希頗立達斯 65.
 Hisinger, 赫新格爾 221.
 Hittori, 齊托夫 248, 333, 355.
 Hitzig, 希慈齊 338.
 Hobbes, T., 霍布士 140, 151.
 Hoff, van't, 方霍夫 243, 249, 250, 258.
 Holbach, 霍爾巴克 200.
 Holmyard, E. J., 霍姆耶得 74.
 Homberg, W., 洪柏格 182.
 Homer, 荷馬 8, 9, 10.
 Homo sapiens, 人種 344.
 Honigschmit, 侯尼徐密特 367.
 Hooke, 虎克 123, 155, 155, 225.
 Hooker, Sir J., J. 虎克爾 272, 280, 281.
 Hooker, Sir W. J. 虎克爾爵士 272.
 Hopkins, Sir F. G., 哈布舍斯爵士 335.
 Hormones, 刺激素 336, 337.
 Horsley, 何斯列 338.
 Horticulture, 園藝家 275.
 Hounslow Heath, 杭斯洛赫石 271.
 Hubble, 哈布爾 402, 409, 412.
 Huggins, Sir William, 虎克斯 242, 243.
 Humanism, 人文主義 101.
 Humboldt, von, 洪保爾特男爵 271, 272.
 Hume, David, 休謨 194, 195, 197, 198, 201, 297, 304, 312, 432.
 Hundred Years' War, 百年戰爭 99.
 Hurst, C. C., 黑斯特 328, 329.
 Husserl, 赫塞爾 421.
 Hutton, 虎頓 109, 273.
 Huxley, Leonard, (註一〇)—289.
 Huxley, T. H., 赫胥黎 272, 279, 281, 282, 285, 286.
 Huygens, C., 惠根士 155, 158, 159, 161, 163, 165.
 Hybridization, 雜交 274.
 Hydrodynamics, 水力學 108.
 Hydrogen, 氫 183.
 atomic weight, 氫原子量 330.
 spectrum of, 氫的光譜 384.
 Hydrogen nucleus, 氫原子核 379.
 Hydrogen thermometer, 氫氣溫度表 229.
 Hydrogen-ion concentration, 氫離子濃度 334.
 Hydrography, 水文學 190.
 Hydrophobia, 恐水病 268.
 Hydrostatics, 靜水力學 162.
 Hydroxyl, 氫氧根 259.
 Hypatia, 希帕提亞 63.
- I
- Iamblicus, 伊安布里克 63, 65.
 I-am-hotep or Imgotep, 伊安活得普 C.
 Iatro-chemistry, 醫學化學 118.
 Ibn-al-Haitham, 伊本阿爾海爾 75.
 Ibn Junis, 伊本容理斯 75.
 Ibn Sina, 伊本賽拉 75.
 Iceland spar, 冰洲石 163, 164, 225, 226.
 Idealism, 唯心主義 23, 23, 33, 83, 80, 192, 294.
 Identity, philosophy of, 符合哲學 294.
 Ilchester, 伊爾徹斯台 90.
 Iliad, 伊里雅得 24.
 Imponderable Fluids, 不可稱量的流體 209—212.
 Inclined plane, 斜面 193.
 Incommensurable numbers, 不能共約數 15.
 Indeterminate equations, 不定方程式 56.
 Indeterminism, See Uncertainty, Principle of...
 India, 印度 7—5.
 Indian numerals, 印度數字 76, 78.
 Individual atom, the, 單獨原子 368.
 Induction, 歸納 29, 293, 428—431, 426.
 Induction, electro-magnetic, 電磁感應 227—228.
 Indus river, 印度河 1.
 Industrial Revolution, 工業革命 103.

Inertia, 惰性 107, 134, 136.
 Infinity, 無窮 18, 19.
 Inge, W. R., 因基 331.
 Ingenhousz, 應京好斯 118, 269.
 Inheritance, Statistical Study of, 遺傳的統計研究 25—327.
 Inheritance of ability, 才能的遺傳 329.
 Inheritance of acquired characters, 外鑿性質遺傳 284, 289.
 Inhibition, nervous, 禁止作用 263.
 Inman, Rev. H. T., (註三)—201.
 Innocent VIII, Pope, 普諾盛揚八世 145.
 Inquisition, 教會法庭 115, 133.
 Instinct, 本能 420.
 Insulin, 胰島素 338.
 Insurance, 保險 291.
 Intellect, variation of, 智力的差別 288.
 Interference of light, 光的干涉作用 225.
 Interval, 間隔 393.
 Inversion of sugar, 蔗糖的逆轉 334.
 Iodine, deficiency of, 缺乏碘質 337.
 Ionian Philosophers, 愛沃里亞的哲學家 13—15, 11.
 Ionic theory of electrolytes, 電解質的電離子學說 248—250.
 Ionic velocities, 電離子速度 249.
 Ionization of gases, 氣體的電離作用 354, 357.
 Irak, 伊拉克 73.
 Ireland, 愛爾蘭 71.
 Irvine, 愛爾文 209.
 Ishtar, 巴比倫神 348.
 Isidore of Seville, 塞維爾的愛息多 71, 82.
 Isis, 埃及神。
 Iso-electric point, 同電點 333.
 Isomerism, 同質異性體 258.
 Isothermal lines, 等溫線 271.
 Isotope, 同位元素 360.
 Itineraries, 指南 52.

J

Jābir 耶伯 73, 74.
 Jacobi, H., (註九)—97.
 James I, 詹姆士一世 121, 128.

James, William, 樂廉詹姆士 420, 421, 445.
 Janssen, 強生 241.
 Java, 爪哇 257.
 Jeans Sir J. H., 堅恩 405, 407, 409, 410, 411, 452.
 Jellet, 吉列特 246.
 Jenner, 顏納爾 267.
 Jerome of Ascoli, 阿斯科里的吉隆 92.
 Jerome, Saint, 吉隆 65.
 Jevons, W. S., 吉勞斯 297.
 Jewish Scholasticism, 猶太煩瑣哲學 78.
 Jews, the, 猶太 57, 77, 78.
 Johannsen, 約翰生 323.
 John of London, 倫敦的約翰 93.
 John XXII, Pope, 約翰第二十二世 94.
 John of Salisbury, 莎斯伯里的約翰 81.
 Johnson, Samuel, 姜森 193.
 Jones, H. O., 勒柏爾爾斯 253.
 Jordan, 約爾丹 354.
 Josephus, 約瑟法斯 54.
 Joule, J. P., 喬爾 210, 231, 232, 233, 234.
 Jourdain, Monsieur, 佐爾頓 33.
 Journal Savants, 學人雜誌 152.
 Julius Caesar, 愷撒 52.
 Jundishapūr, 容底夏培 71.
 Jung, 容氏 186.
 Junis, Ibn, 伊本容理斯 75.
 Jupiter, satellites of, 木星 132, 134.
 Justinian, 久斯定寧 23, 69.

K

Kant, 康德 177, 179, 196, 197, 278, 291, 293, 294, 296, 297.
 Kasi, See Benares
 Kaufmann, 考夫曼 353, 357, 391—392.
 Kaye, G. W. C., 刻憶 369.
 Kekule, 克寇列 257.
 Kellor, Miss, 克樂爾女士 339.
 Kelvin, Lord -(W. Thomson), 開爾文勳爵(湯姆生) 231, 232, 237, 238, 239, 411.
 Kemp Smith, N., (註五一)—204, (註五二)—205.
 Kendall, 肯達爾 336.
 Kepler, 克勃勒 129—131, 6, 16, 75, 127, 132,

- 133, 147, 149, 150, 155, 161.
 Kepler's laws, 克勃勒定律 130, 153, 155.
 Keynes, J. M., 克因斯 430, 431.
 Kindenas (Kidinnu), 基定魯 36.
 Kiev, 基輔 78.
 Kilogramme, 公斤 212.
 Kinetic energy, 動能 232.
 Kinetic Theory of Gases, 氣體的動力說 233—237.
 Kipping, 吉平 258.
 Kirchhoff, 寇許霍夫 242, 243, 246.
 Klein, 克乃恩 209.
 Knossos, 苦羅索斯 8.
 Knowledge, Theory of, 知識論 435—437, 191, 195, 318.
 Koch, 柯和 267.
 Kohlrausch, 柯爾勞徐 249, 250.
 Kolbster, 柯爾厚斯德 405.
 Königsberg, 昆尼斯堡 101.
 Koppernigk, See Copernicus
 Koran, 柯蘭 72.
 Kosel, 柯塞爾 353.
 Kronecker, (註九)—461.
 Kühne, 古列 247, 266.
 Kunsman, 孔思曼 336.
- L
- Laboratories, origin of, 實驗室的起源 293.
 Laborde, 波拉爾德 363.
 Ladenburg, 拉登堡 359.
 Laevulose, 左旋糖 246.
 Lagrange, 拉格朗日 178, 179, 180, 203, 291.
 Lake, Kirksopp, (註四五)—462.
 Lamarck, Jean Baptiste de, 拉馬克 273, 277, 282.
 Lamettrie de, See Mettrie
 Land, measurement of, 土地的測量 39.
 Lane, 蘭恩 401.
 Lange, F. A., (註二四)—58.
 Langley, J. N., 蘭格列 293, 338.
 Langmuir, 藍繆爾 383.
 Language, theory of, 語言的理論 192.
 Laplace, 拉勃拉斯 157, 178, 179, 180, 197, 198, 208, 291.
 Larmor, Sir Joseph, 拉摩爾 359, 390, 440.
 Latin, classical, 拉丁 100.
 Latitude and longitude, 經緯度 76.
 Latour, C. de, 德拉陀耐 247, 267.
 Laue, 勞憂 359.
 Laveran, 拉維朗 263.
 Lavoisier, 拉瓦希 155, 154, 185, 203, 253, 291, 298.
 Law of Error, 差誤律 231, 238.
 Lawes, Sir J., 勞斯 270.
 Laws of Nature, 自然律 93, 431—435.
 Lead, atomic weight of, 鉛的原子量 367.
 carbonate, 碳酸鉛 74.
 Leake, C. D., (註六)—147.
 Least action, 最小作用量 173, 397.
 Leavitt, Miss, 李維特女士 401.
 Lecky, W. T., (註二三)—148.
 van Leeuwenhoek, A., 范魯文和 123.
 Leguminous plants, 豆莢科植物 270.
 Leibniz, 萊布尼茲 152, 131, 162, 195, 196, 200, 276, 303, 305.
 Lemery, 列美理 119.
 Lenard, 倫納德 379, 380, 383.
 Leo X, Pope, 教皇理奧第十 101.
 Leo XIII, Pope, 教皇理奧第十三 95.
 Leonardo da Vinci, 理奧那多達文啓 104—110, 41, 119, 131, 134, 273.
 Leucippus, 盧希帕斯 22.
 Leverrier, 勒費理 39, 180.
 Lewis, 路易斯 333.
 Leyden, 來頓 126.
 Liebig, Justus, 里比希 253, 259, 265, 270, 239, 292, 305.
 Life, conditions of, 生命的情況 411.
 expectation of, 生命的預言 443.
 problem of, 生命的問題 307.
 Light, 光 48, 162—167, 225—227, 241—243.
 aberration of, 光的誤差 388.
 velocity of, 光速 164, 167, 244.
 wave front of, 光的波前 378.
 deflection of, by the sun, 光的偏轉被太陽 396.
 Lightning, 閃電 210, 211.
 Lill, W., (註二)—201.

Lindemann, 林德曼 377.
 Linder, 林得爾 333.
 Lines of force, 力線 223.
 Linnaean Society, 寧奈學會 230.
 Linnæus, 寧奈 133, 137.
 Lipase, 酵素 256.
 Liquefaction of gases, 氣體液化 235.
 Lister, Lord, 李恩德勳爵 239.
 Litre, the, 磅 212.
 Lives of the Saints, 聖徒的傳記 67.
 Lobatchewski, 洛巴捷斯基 299, 297.
 Lock, R. H., 洛克 325.
 Locke, 洛克 191—197, 201.
 Locke to Kant, From, 從洛克到康德 191—197.
 Lockyer, Sir Norman, 勞克爾 242.
 Lodge, Sir Oliver, 洛吉爵士 249.
 Löffler, 勒弗納 239.
 Logarithm-s, 對數 189.
 Logic, 邏輯 34, 63.
 Logic and Mathematics, 邏輯與數學 423—428.
 Logos, 聖言 65.
 Longitude, 緯度 76.
 Lorentz, 羅倫茲 358.
 Lotze, 洛哲 303.
 Louis of Bavaria, 巴瓦利亞魯易士 95.
 Louis XIV, 路易十四 152.
 Louvain, 魯芬 119.
 Lower, 諾爾爾 123.
 Lowes Dickinson, G., (註一五)—58.
 Lubbock, Sir John (Lord Avebury), 盧博克 251.
 Lucretius, 魯克利肖斯 22, 23.
 Ludwig, Karl, 盧德維格 234.
 Lunar theory 月球理論 162.
 Lussac, Gay, 格呂薩克 253.
 Luther, Martin, 馬丁路德 95.
 Lyceum of Aristotle, 阿理士多德的萊秀門 28.
 Lyell, Sir Charles, 萊耶爾爵士 274.

M

MacCullagh, 馬克考納 228.

Mackonald, D. B., (註九)—97.
 Mach, E., 馬哈 158, 198, 297.
 Machinery, electromagnetic, 電磁機械 228.
 Macquer, 瑪克爾 119.
 Macrocosm and microcosm, 小宇宙與大宇宙 16, 27, 37, 31—32.
 Mad Hatter, 瘋帽商 412.
 Magalhaes, 瑪嘉赫斯 102.
 Magic 魔術 4, 24, 37, 51, 63, 83, 144.
 Magic, religion and science, 魔術宗教與科學 347.
 Magnetic effects of electric currents, 電流的磁效應 224.
 Magnetic permeability, 透磁性 229.
 Magnetic storms, 磁暴 271.
 Magnetism, 磁力學 127.
 Magnitudes of stars, 恆星的大小 399, 400.
 Magnus, 瑪格拉斯 233.
 Maimonides, 梅蒙理得 78.
 Maintenance ration, 維持量 235.
 Mait, 邁特 5.
 Majendie, 馬景第 231, 232.
 Malaria, 瘧疾 69.
 Malebranche, 瑪列布朗雪 140.
 Malpighi, 瑪爾丕赫 122.
 Maltese fever, 馬爾他病 233.
 Malthus, T. R., 馬爾薩斯 278, 280.
 Man a machine, 人是機器嗎 341—343.
 Man. age of, 人的年齡 274.
 origin of, 人的起源 236.
 species of, 人的種族 236.
 Mana, 馬那 345.
 Manfredi, 曼福列底 119.
 Manichaeism, 明暗教 63, 144.
 Manson, 曼生 238.
 Manuscripts, search for, 原稿的搜求 100.
 Marous Aurelius, 沃利了斯 51, 63.
 Marinus of Tyre, 泰爾的馬利拉斯 47.
 Marsh, Adam, 亞當馬爾許 90.
 Marsh, J. E., 馬爾許 20.
 Maspero, G., (註七)—57.
 Mass, 質 127, 157.
 and energy, 質與能 392.
 electric theory of, 質量的電性說 380.

- law, 質量律 246.
spectra, 實譜 360.
- Mass and Weight, 質與量 157—161.
- Massa of Venice, 威尼斯的瑪薩 260.
- Masson, J., (註二四)—58.
- Materialism, 物質主義 131, 140, 176, 300.
- Mathematics, 數學 208—209, 92.
- Mathematics and Astronomy in the Eighteenth Century, 十八世紀的數學及天文學 177—180.
- Mathematics and Logic, 數學與邏輯 422—423.
- Mathematics and Nature, 數學與自然 433—440.
- Mathematics, Improvements in, 數學的改進 161—162.
- Mathematics, concepts of, 數學的概念 107.
principles of, 數學的原理 422—427.
- Matter, 物質 19, 49, 157.
persistence of, 物質常住不滅 155, 293.
primary, 原始物質 13, 14, 17, 19, 27.
transmutation of, 物質蛻變 338.
- Matter and Force, 質與力 298—300.
- Matter, Evanescence of, 物質的消滅 440—442.
- Matter, Problem of, 物質的問題 17—20.
- Maupertuis, 貝丕杜斯 178, 200.
- Maxwell, J. C. lerk, 馬克斯威爾 203, 227, 229, 234, 235, 238, 237, 240, 243, 244, 245, 292, 299.
- Maxwell's daemon, 馬克斯威爾假說的鬼魔 301, 240.
- Maxwell's equations, (註二〇)—253.
- Mayer, J. R., 邁耶爾 230, 231, 239, 263.
- Mayhoff, L. and K., (註四三)—59.
- Mayow, J., 123, 124, 184, 185.
- McBride, W., 麥克布乃得 342.
- McCormack, T. J., (註八)—320.
- McCurdy E., (註三)—147.
- McLennan, 麥克冷南 405.
- Mean free path, 平均自由程 235.
- Mecanique Celeste, 天體力學 179.
- Mechanical philosophy, 機械哲學 137, 139, 140, 147, 174, 176, 268.
- Mechanism, 機械論 315, 341, 342, 343.
- Meckel, 麥克爾 263, 277, 283, 322.
- Medical humanists, 醫學的人本學派 116.
- Medicine, 醫藥 24, 54, 70, 113.
Arabic, 阿拉的醫學 73.
Egyptian, 埃及醫學 7.
Roman, 羅馬醫學 51.
- Medicine and Chemistry, 醫學與化學 116—119.
- Medicine, Greek, 希臘醫學 24—25, 53, 54.
- Meitner, Fräulein, 邁特納女士 362.
- Melloni, 麥朗尼 243.
- Mendel and Inheritance, 孟得爾與遺傳 325—325, 208, 285, 321, 323.
- Mendeleeff, 孟得列夫 218.
- Mental Deficiency Act, 裁制低能的立法 330.
- Mercier, Cardinal, (註一)—460.
- Mercury, planet, 水星 396.
- Mercury, salt and sulphur as elements, 汞, 金鹽, 硫爲元素說 74, 117, 143, 180, 182.
- Mercury spectrum, 錄譜 383.
- Mercury, vapour, 汞蒸氣 236.
- Mesmer, 麥斯美 355.
- Mesmerism, 麥斯美主義 305.
- Metals, 金屬 49.
- Metaphysics, definition of, 形而上學的定義 423.
- Meteorology, 氣象學 190.
- Methyl alcohol, 申醇 143.
- Metre, the, 公尺 212.
- Metrie, de la, 德納麥脫里 200.
- Meyer, O. E., (註一六)—252.
- Michael, E., (註一七)—93.
- Michelson, 邁克爾森 389, 390.
- Microbes and Bacteriology, 微生物與細菌學 266—269.
- Microcosm and macrocosm, 小宇宙與大宇宙 16, 27, 37, 81—82.
- Microscope, 顯微鏡 185, 187.
- Middle Ages, The, 中世紀 81.
- Milerns, 米勒達斯 13.
- Milky Way, 銀河 132.
- Mill, James, 詹姆士米爾 303, 304, 339.

Mill, J. S., 約翰米爾 296, 314, 339, 423, 428, 429, 432, 435.
 Millikan, R. A., 米里根 357, 338, 405.
 Millington, Sir T., 米靈頓爵士 186.
 Milne, E. A., 密爾勒 383, 403.
 Mind, 心靈 445.
 Mines, 曼因斯 334.
 Minium principle, 最小原理 397.
 Minkowski, 閔可斯機 393, 395.
 Mithraism, 太陽教 63.
 Mitscherlich, 米施里希 258.
 Modernism, 近代論 458.
 Mohl, H. von, 方英爾 264.
 Molecular theory, 分子說 20.
 Molecules, 分子 217.
 Moleschott, 穆列舒特 500, 303, 307.
 Momentum, 運動量 158, 159.
 Monasteries, 修道院 70.
 Monastic schools, 修道學校 79.
 Mondino, 華底洛 119.
 Monge, 蒙古 291.
 Monism, 一元論 317.
 Mono-molecular reaction, 單分子作用 246.
 Montaigne, 蒙特恩 91.
 Monte Casino, 蒙特喀斯諾 76.
 Montreal, 滿特刺是 331.
 Moon, R. O., (註二五)—78.
 Moore, G. E., 謨爾 137.
 Moral instinct, 道德的本能 314.
 Moral law, 道德律 197, 314.
 Morgan, Lloyd, 莫爾根 339.
 Morgan, T. H., 摩爾根 325.
 Morland, 莫爾蘭 186.
 Morley, 摩爾勒 389, 390.
 Morton, W. T. G., 摩爾頓 259.
 Moseley, H. G. J., 摩斯勒 17, 369, 370, 381.
 Mosquito, 蚊 268.
 Motion, circular, 圓運動 155.
 laws of, 運動律 153.
 relative, 相對運動 392.
 Motte, A., (註二四)—203.
 Mount Wilson Observatory, 威爾遜天文台 393, 402, 401.
 Muhammad, 回教 72.

Müller, J., 約翰穆勒 101, 231, 234, 305, 307.
 Murray, Margaret A., (註二三)—148.
 Muslim Scholasticism, 回教煩瑣哲學 77.
 Mutation, 突變 285, 323, 327.
 Mycenae, 邁息尼 8.
 Myers, C. S., (註一四)—352.
 Mystery religions, 神祕的宗教 37, 62, 64, 346.
 Mysticism, 神祕主義 95, 173.
 Mythology, 神話 347.
 Myxoedema, 粘液性水腫 335.

N

Nagaoka, 長岡 379.
 Nägeli, K. von, 方列格里 234.
 Napire, 拉匹爾 189.
 Naples, 那波里 151—152.
 Napoleon, 拿破侖 179, 224.
 Natural law, See Nature Law of
 Natural paths, 天然路線 395.
 Natural places, 天然地位 133.
 Natural selection, 自然選擇 255, 275, 280, 285, 311, 319.
 Natural spirits, 自然精神 55.
 Naturalism, ethics of, 自然主義的倫理 315.
 Nature, aspects of, 自然的狀況 297.
 Nature, Laws of, 自然律 96, 131—135.
 Nature of Stars, 星的本性 402—407.
 Nature-philosophy, Ionian, 愛比里亞的自然哲學 11.
 Nature-worship, 自然崇拜 64.
 Naturphilosophie, 自然哲學 222.
 Navigation, 航海術 127.
 Neanderthal man, 列安得泰人 287, 344.
 Nebulae, 星雲 402, 409.
 distance of, 星雲的距離 409.
 spiral, 旋渦星雲 402, 409.
 Nebular hypothesis, 星雲說 179, 197, 294.
 Needham, J., 尼德漢 342.
 Nemi, 列米 313.
 Neolithic man, 新石器時代人 344.
 Neon, 氖 369.
 Neo-Platonism, 新柏拉圖主義 16, 53, 63, 67, 68, 80, 83, 112, 133, 149.

- Neo-vitalism, 新生機論 342.
 Neptune, planet, 海王星 393.
 Nernst, 冷斯特 377.
 Nervous inhibition, 神經禁止作用 263.
 Nervous system, 副經系統 124, 125, 260, 261, 337, 338.
 Nettleship, 列特序人 323, 329.
 Neurology, 腦神經學 260.
 Neutral monism, 中立一元論 445.
 New World, discovery of, 新世界的發現 103.
 Newlands, 紐蘭茲 218.
 Newton, Sir I., 牛頓 36, 37, 127, 131, 134, 138, 139, 141, 149, 150, 151, 152, 153, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 177, 179, 196, 193, 208, 213, 225, 226, 241, 245, 291, 295.
 Newton, Humphrey, 亨弗累牛頓 181.
 Newton and Gravitation, 牛頓與重力 152—157.
 Newton and Philosophy, 牛頓及其哲學 167—175.
 Newtonian Epoch, The, 牛頓時代四章 149.
 Newton's Mathematics, 牛頓數學 161—162.
 Newton's rings, 牛頓環 163.
 Nicetas, 尼塞塔斯 112.
 Nicholas IV, Pope, 教皇尼柯拉斯第四 92.
 Nicholson, 尼可孫 220.
 Nicood, 倪可德 431.
 Nietzsche, 尼采 310, 315.
 Nile river, 尼羅河 1, 5, 6.
 Nineteenth-Century Biology, 十九世紀的
 生物學六章 255.
 Nineteenth-Century Physics, 十九世紀的
 物理學五章 205.
 Nineteenth-Century Science and Philo-
 sophic Thought, 十九世紀的科學與哲學思
 想七章 291.
 Nitrogen and Carbon Cycles, 氮與炭的循環
 269—271.
 Nitrogen, decomposition of, 氮的分解 338.
 Nominalism, 唯名論 33, 80—81, 85, 95, 140,
 149.
 Nordenskiöld, N. E., 羅登斯基得 342.
 de Novara, Maria, 瑪利亞得諾瓦那 112.
 Number, 數 15, 112, 129.
 Numbers, incommensurable, 不能共約數
 15.
 Numerals, Indian, 印度數字 73, 78.
 Nurnberg Observatory, 嫩恩堡觀象台 101.
 Nutrition, 營養 335.
-
- Ocean, William of, 威廉奧坎 94, 99.
 Ocean's Razor, 奧坎的剃刀 95.
 Odyssey, 奧底舍 24.
 Oersted, 沃爾斯得 223.
 Ohm, G. S., 歐姆 324.
 Olympiangods, 奧靈四神 9.
 Omar-Khayyam, 奧瑪開蘭 76.
 Optics, 光學 48, 75, 93, 162, 167, 225, 241.
 Optics, Physical, and Theories of Light,
 物理的光學與光的理論 162—167.
 Organic Chemistry, 有機化學 256—250.
 Organism, Concept of, 機體論的概念 263,
 341, 447—449.
 Origen, 奧理靜 64, 80.
 Origin of Species, 物種原始 279, 280, 281, 285,
 283.
 Origins of Science, The 科學的起源 146—
 147.
 Orion 獵戶座 408.
 Ornstein, Martha, (註四)—201.
 Orphic mysteries, 奧匪的神秘教義 10, 11,
 14.
 Oscillation, centre of, 震動中心 155.
 Osiris, 埃及神 349.
 Osmotic pressure, 滲透壓力 248.
 Ostwald, 沃斯特伐 411.
 Owen, Sir Richard, 沃溫爵士 231.
 Oxford, 牛津 79, 91, 94, 121, 185, 231.
 Oxygen, 氧 183, 184, 185.
- P
- Pacioli, Luca, 拔啓奧理 105.
 Padua, 帕都亞 119, 121, 126, 132.
 Paladium, 鉍 369.

Palaeontology, 古生物學 327, 328.
 Palestine, 巴勒斯坦 56.
 Palissy, Bernard, 拔利舍 273.
 Palos, 帕羅斯 102.
 Pantheism, 多神教 38, 94, 103.
 Paper, invention of, 紙的發明 102.
 Paracelsus, 帕那禰爾薩 118.
 Paradise, Conservative, 保守的天堂 412.
 Parallax of stars, 星的視差 399.
 Parmenides, 拔門里得斯 18, 20.
 Pascal, Blaise, 帕斯卡爾 144, 191, 291.
 Paschen, (註二四)—414.
 Pasteur, 巴斯德 187, 206, 258, 267, 268.
 Pavlov, 拔勿洛夫 338, 339.
 Peacock, 皮可克 292.
 Peano, 皮亞洛 424.
 Pearson, Karl, 皮爾生 318, 323, 329.
 Peloponnesse, 拔羅頓里斯 9.
 Peloponnesian War, 拔羅頓里斯之戰 25.
 Pemberton, 彭柏頓 153.
 Pendulum, 鐘擺 155.
 Penetrating radiation, 貫穿性的輻射 405.
 Pepsin, 分解蛋白質酵素 263.
 Perga, Apollonius of, 丕嘉的阿頓洛尼奧斯 46.
 Pergamos, 丕嘉摩斯 47.
 Periodic law 週期律 213.
 Periodic table, 週期表 379.
 Permeability, magnetic, 透磁性 229.
 Perpetual motion, 永久運動 108.
 Perrault, 裴勞特 273.
 Perrin, B., 白冉 333.
 Persia, 波斯 72.
 Persian school, 波斯學校 71.
 Peter de Maharn-Curia, 瑪轉居禮亞的彼得 93, 94.
 Petrarck, 佩脫拉克 100.
 Pfeffer, 費飛爾 249.
 Phaedo, 匪多 26.
 Pharmacy, 藥性 53.
 Phases of matter, 物相 213.
 Phenomenalism, 現象主義 26.
 Philip of Macedon, 馬其頓王腓立普 28.
 Philolaus, 菲洛勞斯 16, 42.

Philosophy of identity, 符合哲學 294.
 Philosophy in the Twentieth Century, 二十世紀的哲學 419—422.
 Phlogiston, 可燃質 133, 134.
 Phrenology, 腦相學 250.
 Physic gardens, 藥圃 123.
 Physical Anthropology, 體質人類學 344—345.
 Physical Geography and Scientific Exploration, 地文學與科學的探險 271—272
 Physical Isomerism, 物理的同質異性體
 Physical Optics and Theories of Light, 物理的光學與光的理論 162—167,
 Physicians, Royal College of, 皇家醫學校 122.
 Physics, Consciousness and Entropy, 物理學意識與熵 449—450.
 Physics, The New, 新的物理學 353—355.
 Physics, The New Era in, 物理學中的新時代九章 354.
 Physiologus, 生理學 67.
 Physiology, 生理學 260—263, 332—339.
 Physiology and Anatomy, 生理學與解剖學 119—123.
 Picart, 西卡特 154.
 Pickering, E. C., 皮爾林 401.
 Pico of Mirandola, J., 米蘭多拉的約翰皮可 112.
 Picton, 皮克冬 333.
 Piero da Vince, 塞爾皮洛達文啓 105.
 Piltown, 碧特塘 344.
 Pisa, 批薩 105, 119, 123, 132, 133.
 Pitchblende, 錳錒瀝青 361.
 Planck, 勃蘭克 17, 167, 173.
 Planck's constant, 勃蘭克常數 373.
 Plato, 柏拉圖 12, 16, 23, 23, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 35, 56, 62, 68, 79, 83, 112, 134, 165.
 Plenum, 勃倫尼 53, 71.
 Plotinus, 普羅定拉斯 63.
 Plutarch, 蒲魯達啓 13, 43, 54, 112.
 Pneumatical engine, 氣壓機 142.
 Poincare, H., 潘嘉瑞 428.
 Pointer-readings, 指針的讀數 436.
 Points, definition of, 點的定義 433.

- Poisson, 頗瓦松 208, 212.
- Polarization,
electrolytic, 電的偏極 220.
of light, 光的偏極 221.
- Pole star, 極星 401.
- Potassium, 鉀 361.
- Pompeii, 邦尊 54.
- Pope, Sir William, 頗勃 258.
- Porous plug experiment, 有孔塞的實驗 239.
- Porphyry, 頗菲勃 63, 65, 79.
- Portsmouth, Earl of, 頗茨茅斯 158.
- Portsmouth manuscripts, 頗茨茅斯寫本 153.
- Poseidon, 卜舍東 11.
- Poseidonius, 卜舍東尼奧 37, 51, 102.
- Positive or Atomic Rays, 陽射線或原子射線 359—360.
- Potential, 位差
critical, 臨界電位
electric, 電位
- Pragmatism, 實用主義 420.
- Precession of the equinoxes, 歲差 48.
- Priestley, J., 柏利斯特勒 119, 184, 269, 335.
- Primary qualities, 原始性質 136.
- Primitive culture, 原始文化 312.
- Primitive religion, 原始式宗教 345—351.
- Primrose, evening, 月見草 323.
- Principia, Newton's, 自然哲學的數學原理 157, 179, 189.
- Printing, invention of, 印刷的發明 192.
- Probability, 或然數 144, 192, 234, 241, 237, 291, 324.
- Proclus, 勃羅克勞斯 67.
- Properties of Electric Currents, 電流的性質 223—225.
- Protagoras, 畢達果拿 22.
- Proteins, 蛋白質 259, 260, 265, 265.
- Proton, 質子 380, 440, 441.
and electron, 質子與電子 441, 410.
- Protoplasm, 原形質 284.
- Proudman, J., (註九)—202.
- Proust, 勃勞斯特 214.
- Prout, 勃勞特 218.
- Proxima Centauri, 半人馬座比鄰星 399.
- Pryme, de la, 德納勃來姆 162.
- Psychical research, 靈魂的研究 341.
- Psychology, 心理學 301—306, 339—341, 192.
- Psychology, educational, 教育心理學 340.
experimental, 實驗心理學 339.
industrial, 工業心理學 339.
- Psycho-pathology, 精神病理學 341.
- Psycho-physical parallelism, 心身平行 303.
- Psycho-physics, 心理的物理學 306.
- Ptolemies, kings of Egypt, 托倫密, 埃及王, 25, 45.
- Ptolemy, Claudius, 克勞迪奧斯托倫密 35, 43, 44, 47, 48, 74, 75, 84, 101, 111, 115.
- Punnett, 彭列特 325.
- Pure lines of inheritance, 純種的遺傳 323.
- Puy de Dome, 蒲以得東 144.
- Pythagoras and the Pythagoreans, 畢達果拿與畢達果拿主義 11, 15, 19, 39, 42, 112, 123, 155.
- Pythagoras, School of, 畢達果拿學派 15—17.
- Pytheas, 畢舍阿斯 42.
- Quadrivium, 四科 16.
- Quantities, absolute, 絕對量 212.
- Quantum Mechanics, 量子力學 384—387.
- Quantum Theory, The, 量子論 375—378.
- Quetelet, L. A. J. 桂特列 237.
- Rabies, 狂犬病 268.
- Radiation, 輻射 410.
atomic, 原子輻射 385.
electronic, 電子輻射 375—378.
of space, 空間的輻射 410.
penetrating, 貫穿性輻射 405.
pressure of, 輻射的壓力 243.
- Radicels, chemical, 根 259.
- Radio-active decay, law of, 放射性衰變定律 333.

- Radio-active elements, pedigree of, 放射性元素 365.
- Radio-active transformations, 放射變化 318.
- Radio-activity, 放射現象 361—363.
- Radium, 鐳 361.
- Rainbow, theory of, 虹的理論 93.
- Ramsay, Sir William, 藍姆塞 237.
- Rankine, 藍經 231.
- Ratio e/m, e/m 比值 362.
- Rationalism in religion, 宗教上的理智主義 177.
- Rationalization, psychological, 心理的理性化 430.
- Ratzel, 拉澤爾 344.
- Ray, John, 約翰銳 188.
- Rayleigh, Lord, 銳列勒爵 292.
- Realism, 實在主義 95.
and nominalism, 實在主義與唯名主義 80.
new, 新實在論 422.
of Plato, 柏拉圖的實在主義 28.
- Reality and appearance, 實在與形象 33.
- Reaumur, 德列本爾 183.
- Recessive characters, “退縮”特徵
- Redi, F., 瑞迪 187.
- Reflex action, 反射作用 259.
- Reflex, conditional, 有條件的反射 378.
- Reformation, The, 宗教改革 110—111.
- Regiomontanus, 利喬芒塔拉 101.
- Regnault, 列諾爾特 231.
- Relativity, 相對論 387—395, 429, 434.
- Relativity and Gravitation, 相對論與萬有引力 395—398.
- Relativity and the Universe, 相對論與宇宙 412—413.
- Religion, and theology, 宗教與神學 77.
- Religion and Evolution, 演化論與宗教 311—315.
- Religion and Philosophy in Classical Times, 古典時代的宗教及哲學 11—19.
- Religion, Philosophy and Science, 科學哲學與宗教 458—460.
- Religions, comparative, 宗教, 比較的 37.
- Religious experience, 宗教經驗 454.
- Renaissance, The, 文藝復興三章 99.
- Renaissance, Origins of, 文藝復興的起源 99—101.
- Research, Organization of, 研究系統的組織 292.
- Resonance, principle of,
- Respiration, 呼吸 30.
- Retisius, 瑞修斯 286.
- Revival of Learning in Europe, 歐洲學術的復興 78—83.
- Rhazes, 柏日 75.
- Rheims, 理姆斯 78.
- Rhind papyrus, 來因得的楔形文字 5.
- Rhodes, 洛得斯 43.
- Richards, 李卡燕 367.
- Richardson, O. W., 理查孫 359.
- Richter, 黎胥特 214.
- Ridgeway, Sir William, 理繼衛爵士 9.
- Riemann, 理曼 209, 210, 295, 297.
- Rignano, E., (註一七)—352.
- Riley, H. T., (註四三)—59.
- Ripley, W. Z., (註一七)—290.
- Ritchie, A. D., 理奇 430.
- Ritter, 理特爾 243.
- Ritual, 宗教儀式 345.
Greek, 希臘宗教的儀式 10.
- River valleys, civilization of, 河域的文明 1.
- Rivers, W. H. R., 理費斯 345.
- Robinet, 羅賓列 209.
- Robinson Crusoe, 魯濱孫漂流記 190.
- Roemer, 銳麥爾 184.
- Roman Age, The, 羅馬時代 51—55.
- Roman Empire, 羅馬帝國 33, 67
- Roman Law, 羅馬法律 69.
- Rome, 羅馬 69.
- Romer, O., 奧勞斯銳麥爾 337.
- Rontgen, W. K., 倫根 333.
- Rosa, 羅沙 265.
- Roscellianus, 羅西林拉 31.
- Roscoe, 羅斯可 242.
- Rose, H. J., (註四五)—59.
- Ross, Sir James, 羅斯爵士 272.

Ross, Sir Ronald, 羅斯 238.
 Ross, W. D., (註二七)—59.
 Rotterdam, 鹿特丹 101.
 Bouse Rall, W. W., (註七)—201.
 Rousseau, 盧梭 291.
 Royal Society of London, 倫敦皇家學會 152.
 Rubidium, 鉀 218.
 Rubner, 魯布納 265.
 Rumford, Count (Denjaamin Thompson), 藍姆福伯爵 230.
 Russell Hon. B., 羅素 196, 422.
 Russell, Sir E. J., (註七)—239.
 Russell, E. S., 羅塞爾 342.
 Russell, H. N., 羅塞爾 383.
 Rutherford, Sir E., 盧塞福 354, 361, 379.
 Rydberg's constant, 黎德堡常數 382.

S

Saccheri, 薩卡理 209.
 Sagres, observatory at, 沙格勒斯觀象台 102.
 Saha, 薩哈 383.
 St Gilles, Pean de, 聖格爾 247.
 St Petersburg, 聖彼得堡 210.
 Saint-Hilaire, E. G., 聖赫里耶 277.
 Saints, lives of, 聖徒的傳記 67.
 Salerno, 薩奈諾 70, 78, 76.
 Salimbene of Parma, 拔爾瑪的沙林本 99.
 Salt, sulphur, and mercury as elements, 食鹽, 硫及汞元素 74, 117, 143, 180, 182.
 Salts, theory of, 鹽類的理論 119.
 Sanctorius, 善克托留 118.
 Sarton, G., 薩爾頓 48, (註三)—57, (註一)—58 (註一)—57, 54.
 Satan, 撒旦(惡魔) 144.
 Saussure, de, 德紹修 269.
 Sceptical Chemist, The, 懷疑的化學家 143.
 Schelling, 謝林 276, 291.
 Schiff, 席福 265.
 Schiller, 舒勒 34.
 Schleiden, 徐乃登 264, 265.
 Schleiermacher, 徐乃馬赫爾 231.
 Schlosser, 徐洛塞爾 344.

Schmidt, 徐密特 245.
 Schnabel, 徐那哈爾 43.
 Scholasticism, 煩瑣哲學 13, 78, 83, 89, 94, 106, 123, 132, 155, 142, 149, 167.
 Jewish, 猶太煩瑣哲學 78.
 modern, 現代煩瑣哲學 419.
 Muslim, 回教煩瑣哲學 77.
 Scholasticism, Decay of, 煩瑣哲學的衰退 94—97.
 School of Alexandria, The, 亞歷山得里的學校 45—48.
 Schrodinger, 薛定格 167, 385, 386, 387.
 Schultz, Max, 舒爾茲 264.
 Schultze, 舒爾德 333.
 Schuster, Sir A., 許斯德 355, 356.
 Schwann, 徐萬 187, 247, 254, 235, 267.
 Science, as an art, 科學如藝術 430.
 Science and Sociology, 科學與社會學 308—311.
 Science, Origins of, 科學的起源 146—147.
 Science, Philosophy and Religion, 科學哲學與宗教 453—460.
 Science, State of, in 1650, 一六六〇年的科學情形 149—151.
 Scientific Academies, 科學學校 151—152.
 Scientific Age, The, 科學時代 203—205.
 Scientific Philosophy and its Outlook, 科學的哲學及其展望十章 419.
 Scientific Thought, 科學思想 291—298, 419—423.
 Scot, John, 約翰斯可特 80.
 Scot, Reginald, 史柯特 146.
 Scotland, 蘇格蘭 71.
 universities of, 蘇格蘭大學 79.
 Scotus, Duns, 史柯達斯 149.
 Searle, G. F. C., 塞爾 392.
 Serchi, 色奇 402.
 Second of time, 秒的時問 413.
 Secondary qualities, 次要性質 136, 142, 172, 193.
 Secretion, internal, 內分泌腺 333, 337.
 Secretin, 內分泌 333.
 Secretum secretorum, 秘密之秘密 75.
 Selection, See Natural Selection

Seleucus the Babylonian, 巴比倫人塞魯克斯 43.
 Senebier, 沈列比耶 269.
 Sensationalism, 感覺主義 300.
 Sensations, 感覺 261.
 Sensory impulses, 感官的衝動 232.
 Sephardim Jews, 塞法定的猶太人 77.
 Serapis, 埃及神 349.
 Servetus, M., 塞爾維維 120.
 Sex glands, 生殖腺 337.
 Sex organs of plants, 植物的生殖器官 186.
 Shaftesbury, Lord, 夏弗特斯伯勛爵 191.
 Shapley, H., 夏卜勒 401, 402.
 Sherrington, Sir C., 謝林登爵士 337, 333.
 Shorthorn cattle, 短角種 275.
 Shuffling, 抄洗 235.
 Sicily, 西西里 84.
 Sidgwick, Henry, 西得維克 314.
 Sidentopf, 席敦多夫 333.
 Sight, sensation of, 顏色感覺 305.
 Signatures, doctrine of, “簽押”主義 123.
 Sylvester II, Pope, 西爾衛士合二世 78.
 Simpson, Sir J. Y., 辛勃生爵士 269.
 Sinai, 聖經 314.
 Singer, C., 辛格 183.
 Sippar, 希拔 3, 33.
 Sirius, 大狼星 399.
 companion of, 天狼星的伴星 406.
 Sitter, de, 戴哥德 412.
 Smith, Adam, 阿當斯密士 291.
 Smith, G. Elliot, 斯密士 345.
 Smith, William, 威廉斯密氏 273.
 Snell, 石奈爾 154, 162.
 Snow, A. J., (註一)—201.
 Social Anthrovolgy, 社會人類學 345—351.
 Socialism, 社會主義 330.
 Sociology and Science, 社會與科學 308—311.
 Socrates, 蘇格拉底 12, 23, 62.
 Soddy, F., 核德 330, 333, 334.
 Sodium, isolation of, 鈉的分離 218.
 Soil, 土壤 334.
 Soil science, 土壤學 334.
 Solar day, 太陽日 213.

Solar system, origin of, 太陽系的起源 410.
 Solutions, Theory of, 溶液論 247—250.
 Somerset, 松美塞 90, 94.
 Sommerfeld, A., 桑茂菲德 334.
 Sophocles, 梭福克斯 12, 90.
 Sorcery, 符號 24.
 Sorley, W. R. (註一五)—321.
 Sotkis, See Sirius
 Soul, the, 靈魂 125, 133, 142.
 Sound, 聲音 53.
 Spaces, 空間 141.
 absolute, 絕對空間 141.
 kinds of, 空間的種類 296.
 limits of, 空間的限制 412.
 Space-time, 時空 412.
 Spagirista, 煉金術家 143, 151.
 Spain, 西班牙 84.
 Spalatro, 斯巴拉圖洛 163.
 Spallanzani, 石拔蘭遮尼 187, 188.
 Spanish-Arabian philosophy, 西班牙阿拉伯哲學 77.
 Species, 種 275.
 Specific conductive capacity or dielectric constant, 比感量或介質常數 229.
 Specific gravity, 比重 76.
 Specific heat, 比熱 209, 236.
 Specific heats, ratio of 比熱的比例 235.
 Spectra, effect of temperature and pressure on, 溫度壓力對於光譜的影響 383.
 of stars, 恆星的光譜 402.
 Spectroscopic astronomy, 光譜天文學 242.
 Spectroscopic binaries, 分光雙星 491.
 Spectrum Analysis, 光譜分析 241—243.
 Spectrum of a solid, 固體的光譜 375.
 Spee, Father, 史披神父 146.
 Spencer, Herbert, 斯賓塞爾 273, 284, 297, 314, 318, 319, 347.
 Sphere, attraction of, 周圍的吸引 156.
 Sphericity of the Earth, 地球的中心球體 82.
 Spinal cord, 脊髓 54.
 Spinoza, 斯賓諾薩 140, 306.
 Spiral nebulae, 旋渦星雲 412.
 Spirits, animal, 動物活力 55.

- natural, 天然力 55.
 vital, 生活力 55.
- Spiritualism, 精靈主義 341.
- Splanchnic nerves, 內臟神經 337.
- Spontaneous generation, 自然發生的事件 267.
- Spurgheim, 斯拔蕤漢 269.
- Spy, 斯派 287.
- Stagira, 斯塔幾那 23.
- Stahl, G. E., 施塔爾 183, 188.
- Stamford, 斯坦福 127.
- Star, pole, 極星 401.
- Star-worship, 拜星教 37.
- Starling, 斯達林 336.
- Stars, age of, 恆星的年紀 407.
 dense, 恆星的密度 406.
 distance of, 恆星的距離 399.
 double, 雙星 400, 401.
 evolution of, 恆星的演化 404, 405.
 giant and dwarf, 巨星與矮星 404.
 masses, of, 恆星的質量 400.
 spectra of, 恆星的光譜 403.
 temperature of, 恆星的溫度 403.
 variable, 變星 401.
- Stars, Nature of, 星的本性 402—407.
- Stas, 石達斯 218.
- State of Science in 1660, The, 一六六〇年的科學情形 149—151.
- Statistical Study of Inheritance, 遺傳的統計研究 325—327.
- Statistics, 統計學 303.
 of Administration, 管理的統計 291.
 of biology, 生物的統計 287.
- Steam engine, 蒸氣機 47.
- Steel, 鋼 74.
- Stefan, 史迪凡 243.
- Steinach, 斯坦納哈 337.
- Stellar energy, 星能 410.
- Stellar evolution, 星的演化 408—411.
- Stellar ionization, 星的游離作用 406.
- Stellar mass and radiation, 星的質量與輻射 407.
- Stellar system, 恆星系統 402.
- Stensen, 史連生 125, 273.
- Sterility of hybrids, 不蕃的雜種
- Sterne, 施特因 411.
- Stevinus of Bruges, 布魯牙斯的史梯芬斯 108, 133, 144.
- Stewart, Balfour, 巴爾福司徒瓦特 243.
- Stewart, H. F., 司徒瓦特 68.
- Stockholm, 斯托克霍孟 187.
- Stoicism, 禁慾主義 33, 33.
- Stokes, Sir G. G., 史多克斯 226, 231, 241.
- Stoney, Johnstone, 麥司敦石堂勒 358.
- Strabo of Amasia, 阿瑪息亞的斯托拉波 52.
- Straton, 史特拉頓 35.
- Structure of the Atom, 原子構造 379—381
- “Struggle for life,” 生存的競爭 279.
- Struve, 史托魯夫 399.
- Substance, 物質 21, 23, 25, 83, 89, 137.
- Sugar, 糖 262.
 synthesis of, 糖的合成 256.
- Sulphur, mercury and salt as elements, 硫、汞、鹽原素 74, 117, 143, 180, 182.
- Summers, Montagne, (註二四)—148.
- Sun, age of, 太陽的年齡 501.
 and moon, sizes and distances of, 太陽與月亮的大小和距離 42, 43.
 dimensions of, 太陽的大小 398.
- Sun, loss of mass in, 太陽, 質量的損失 408.
- spectrum of, 太陽的光譜 396.
- worship, 太陽崇拜 346.
- Superman, the, 超人 315.
- Surface tension, 表面張力 333.
- Surveys, trigonometrical, 三角法的測量 271.
- Survival of the fittest, 適者生存 319.
- “Survival value,” 生存的價值 279.
- Susruta, 蘇士魯塔 7, 8.
- Sutton, 蘇頓 325.
- Sydenham, 謝登漢 191.
- Syllogism, 三段論法 34.
 and induction, 三段論法與演繹 423.
- Sylvius, F., 弗爾息斯希爾維奧 119, 125, 183, 187.
- Symbolism, 象徵主義 126.
- Syracuse, 西勒寇斯 42.
- Syria, 敘利亞 71.

Syriac language, 敘利亞語言 72.

T

Taboo, 禁物 346.
 Tacitus, 塔息達斯 54, 191.
 Takemine, 高峯 337.
 Tammuz, 巴比倫農神 343.
 Ta gen galvanometer, 正切電流計 230.
 Tannery, P., (註二四)—58.
 Tarn, W. W. (註二九)—59, (註三五)—59.
 Tartaglia, 塔達格利亞 107.
 Tartaric acid, 酒石酸 253.
 Taxila, 塔克息拉 7.
 Taylor, H. O., (註一)—97.
 Telegraphy, 無線電報 203.
 Teleology, 目的論 196, 319.
 Telescope, invention of, 望遠鏡的發明 133.
 Temperature, absolute, 絕對溫度 233, 239.
 and radiation, 溫度與放射 243.
 of stars, 恆星的溫度 405.
 Ternate, 泰勒特 280.
 Tertullian, 德徒鄰 81.
 Thales, 泰勒斯 13, 21, 39, 118,
 Thallium, 鉍 218.
 Thenard, 特那得 253.
 Theodorus, 舍沃多勞斯 14.
 Theology, 神學 77, 79, 85,
 and Religion, 神學與宗教 454.
 Theophilus, Bp, 舍沃非拉斯主教 45, 63.
 Theophrastus, 舍沃息拉斯達 34, 185.
 Theosophy, 猶太神智學 82.
 Thermionic valves, 熱游子管 359.
 Thermodynamics, 熱力學 237—240, 300.
 Thermometer, 溫度計 142.
 Thirteenth Century, The, 第十三世紀 83—
 85.
 Thomas Aquinas, See Aquinas
 Thomas, E. C., (註五六)—295.
 Thompson, B. (Count Rumford), 藍姆福
 230.
 Thomson, G. P., G. D. 湯姆係 387.
 Thomson, J. A., J. A. 湯姆係 342.
 and M. R., (註一三)—239.
 Thomson, Sir J. J., J. J. 湯姆生 159,

167, 202, 353, 379, 389, 92.
 Thomson, Sir W (Lord Kelvin), W. 湯
 姆生 231, 232, 237, 238, 239, 299, 301, 302.
 Thorpe, Sir E., (註四一)—204.
 Thorium, 釷 331.
 Thorium-X 鈾—x 362.
 Thot or Thoth, 構特 5, 49, 23.
 Thyroid glands, 甲狀腺 235, 333.
 Thyroxin, 甲狀腺素 333.
 Tiberius, 提倍留斯 53.
 Tides, 海潮 51.
 Tigris river, 梯格里斯 1.
 Timaeus, 丁美奧斯 27, 49.
 Time, 時間 141.
 absolute, 絕對時間 141.
 sensation of, 時間的感覺 450.
 Titus, 提達斯 77.
 Torsion balance, 扭秤 211.
 Torture, legality of, 依法的酷刑 145.
 Toscanelli, Paolo, 托斯坎勒里 103.
 Totemism, 圖騰義 312.
 Touraine, 圖棧 137.
 Townsend, J. S. E., 唐遜德 357.
 Toxins, 毒素 268.
 Trade winds, 貿易風 197.
 Translations from Arabic to Latin, 從阿
 拉伯文翻譯到拉丁文 84.
 Translations from Greek to Latin, 從希
 臘文翻譯到拉丁文 83.
 Transmutation, 變化 59.
 Trigonometry, 三角術 44.
 Tsai Lun, 蔡倫 102.
 Tschermak, 席瑪克 322.
 Turks, 土耳其人 100.
 Tycho Brahe, 第谷布拉里 44, 129.
 Tylor, E. B., 泰勞 312, 345, 347.
 Types, chemical theory of, 型的理論 253.
 Tyrol, 第洛爾 117.

U

Ubaldi, 烏巴底 108.
 Ueberweg, 烏柏維格 296.
 Uexkull, von, 余克居爾 342.
 Ultramicroscope, 超顯微鏡 333.

Ultra-violet light, 紫外光 335.
 Uncertainty, principle of, 不定原則 343.
 Uniformitarian theory, 同形說 109.
 Units, 單位 212—219.
 Units, electromagnetic, 電磁單位 220—230.
 Universals of Plato, See Classification
 Universe, future of, 宇宙的將來 240.
 Universitas, 大學 79.
 Universities, 大學 79, 151.
 Garman, 德國大學 291.
 "Unmoved Mover," 不動的原動者 22, 44.
 Uranium, 鎊 331.
 Uranium-X, 鎊 - X 362.
 Uranus, 天皇星 180.
 Urea, synthesis of, 尿素的綜合 256.
 Uruk, 烏魯克 3.
 Usher, Archbishop, 烏席爾主教 311.

V

Vaccination, 種痘 287.
 Vacuum, 真空 21, 22.
 Valency, chemical, 原子價 257, 333, 331.
 Valentine, Bas I, 巴希爾法姆廷 117.
 Vapour pressure of solutions, 溶液的蒸氣壓力 20.
 Variation, 變異 235, 322, 327.
 Varley, 瓦爾勒 355.
 Varro, 法羅 53.
 Vaso-motor nerves, 血管運動神經 232.
 Velocities of the ions, 離子的速度 249.
 Venus, planet, 金星 3.
 Versalius, A., 維薩留斯 119, 120.
 Vesuvius, Amerigo, 費斯勃魯 103.
 Vesuvius, eruption of, 唯蘇維奧火山爆發 54.
 Vibration numbers, 振動數 382.
 Vinci Leonardo da, 理奧那多達文啓 104—110, 41, 119, 131, 134, 273.
 Vinci, Piero da, 塞爾皮洛達文啓 105.
 Vinegar, 醋 74.
 Vinogradsky, 維諾格拉德基 270.
 Virchow, Rudolf, 維爾周 234.
 Virgil, 唯吉爾 53, 270.

Virtual velocities, 真實速度 108.
 Virus diseases, 微菌病症 239.
 Vis, medicatrix naturae, 自然治療 24.
 Vital spirits, 生活力 55.
 Vitalism, 活力論 183, 230, 231, 262, 264, 341, 342.
 Vitamins, 維生素 335.
 Vitriol, oil of, 硫酸 118.
 Vitruvius, 維托魯維奧 53.
 Vivisection, See Animals exp. on
 Vladimir the Terrible, 可怕的佛拿底米 78.
 Vogt, 阜特 187, 306, 303, 306, 307.
 Void, 空間 21, 22.
 Volcanoes, 火山 271.
 Volta 伏打 219, 220, 221.
 Voltaic cell, 伏打電池 219.
 Voltaic pile, 伏打裝置 220.
 Voltaire, 顧爾特耶 177, 191.
 Vortices, theory of 漩渦說 139.
 Vries, de, 德弗里 238, 322, 323, 323, 327.

W

Waage, 瓦格 246.
 Waals, van der, 范德瓦 238.
 Waggete, P. N., (註一三) — 321.
 Wallace, A. R., 阿爾弗列羅沙瓦拉斯 270—280, 256.
 Ward, James, (註一五) — 321.
 Water clock, 水鐘 20.
 Water, composition of, 水的組成 184, 185, 217, 220.
 Waterston, J. J., 瓦泰斯頓 233, 234.
 Watson, J. B., 瓦特生 235, 339, 340.
 Watt, J., 瓦特 207.
 Wave Theory of Light, 光的波動說 225—227, 135.
 Wave-front of light, 光的波排 165, 378.
 Wave-groups, 波羣 441.
 Wave-length of light, 光波長 225.
 of X-rays, X射綫的波長 369.
 Wave-mechanics, 波動力學 378, 439.
 Wave-motion, 波動 108.
 Wave-velocity, 波速 383.
 Waves, propagation of, 波動 102.

Weber, E. E., F. F. 衛柏爾 233.
 Weber E. H., E. H. 衛柏爾 263, 305, 306.
 We er, W. E., W. E. 衛柏爾 229.
 Wedgwood, Josiah. 約書亞魏吉伍德 273.
 Weferstrass, 魏斐斯脫拉斯 422.
 Weicht, 重 159, 130.
 Weight, atomic, 原子量 215—216, 370.
 and measures, 重與量 2.
 Weismann, A., 外斯曼 234 235.
 Wenzel, C. F., 溫普爾 245.
 West Gothic kingdom, 西戈特蘭 77.
 Weaver, J., 魏耶爾 145, 146.
 Weyl, 韋爾 397.
 Wheat, varieties of 小麥的變異 337.
 Wheatstone, Sir Charles, 懷特斯頓 305.
 Whetham, See Dampier-Whetham
 Wehewell, 惠衛爾 296, 423, 429.
 Whitehead, A. N., 懷錫赫得 89, 116, 209,
 420.
 Whittaker, E. T., 微特克爾 397.
 Wiechert, 維協爾特 355.
 Wein, 威恩 243, 359.
 Wilberforce, S., Bp of Oxford, 韋爾柏佛
 斯主教. 231.
 Wilfarth, 衛爾法斯 270.
 Wilhelm, 威爾赫美 246.
 William of Champeaux, 香坡的威廉 81.
 William of Occam, 威廉奧坎 94, 99.
 Williamson, A. W., 威廉生 246, 259.
 Wilson, O. T. R., 威爾遜 357, 358.
 Windsor, 溫沙爾 121.
 Wislizenus, 威士里威拉斯 258.
 Wissenschaft, 知識 232.
 Witchcraft, 妖術 144—146.

Withington, E. T., (註二五)—148.
 Wohler, Friedrich, 阜婁 256, 259.
 Wolff, O. R., 伍爾夫 263.
 Wollaston, 伍納斯頓 221, 241.
 Wood, T. B., T. B. 伍德 235.
 Woods, F. A., F. A. 伍德 330, 332.
 Woodward, J., 伍德沃 273, 344.
 Wool thorp, 沃爾斯索浦 152.
 Wordsworth, 渥茲渥斯 291.
 Wren, 倫恩 155.
 Wundt, 馮德 303.
 Wurzburg, 南爾茨堡 146.

X

X-ray spectra, X線光譜 362.
 X-rays, X射線 353, 354, 355, 369, 370.
 X-rays and Atomic Numbers, X射線與原
 子序數 369—370.
 Xenophanes, 惹羅芬尼斯 9.

Y

Young, Thomas, 楊格 225, 305.
 ♀ Ursa Majoris, ♀大熊星 401.

Z

Zeeman, 齊曼 358.
 Zeller, Ed., (註一八)—58.
 Zeno of Citium, 息惕姆的芝諾 33, 37.
 Zeno of Elea, 伊里亞的芝諾 18, 19, 421,
 422, 423, 427.
 Zero sign, 零位記號 74.
 Zeus, 宙斯 11, 12.
 Zosimos, 左息摩斯 49.
 Zsigmondy, 茲格孟第 333.

