

最近自然科學概觀

序論 最近之自然科學

縱觀現代之自然科學，見吾人智能之偉大，實有足以自豪者。大達銀漢，小及電子，更揭破生命之神秘焉；而其組織之浩瀚複雜，理論之精微有序，則尤足令人驚歎。感自然之奇異，而窮究其神秘，雖為人類生來之本能，然如今日之有系統的自然科學，乃成於長年日月之繼續的努力，回顧原始時代之人智，固亦未能脫於蒙昧的境域。

追溯科學之歷史，其起原頗古。最初固無所謂科學，惟感於日常生活之必要，漸有測地法及定曆法之發明，此即為幾何學及天文學之起原；由此漸次發達，乃成如今日之以實驗為基礎的純正科學。其後科學雖稍見進步，然亦不過為宗教上之一種機具，而不能免其束縛，蓋當時之智者，皆為僧侶故也。分離科學於宗教者始於希臘，然當時仍不知哲學與科學之區別；一切學問，皆稱為哲學：即如太陽系之法則，或物質的構造等科學上之理論事實，亦無不與實在的本質，或絕對的

觀念等哲學上之題目，同認為思維之對象；然考查其對於自然界的物質或現象等之思想，則頗多與近代的解釋同其精神者。希臘帝國滅亡，中世之黑暗時代出現，此等學問衰滅殆盡；萬事皆支配於基督教，科學已視為不足道，後自文藝復興以來，學術界又漸放曙光，此時所播之種，至十九世紀大有百花繚亂之觀；而自然科學上亦應為者已盡為之，且漸以為自然界之神秘，無不可以觀察及實驗而揭破之者，今雖尚多未明，然亦不過為時間問題耳；物質常住，能常住，質量不變，原子不滅等法則確立，理化學上之根本的大綱以定。

生物學方面之進化論確立，生物之由來明瞭，人為神子之妄想以破；生命之現象，漸認為單位細胞之物理化學的變化，思想哲學亦漸傾於唯物論之極端，其影響更及於文學方面，而促自然主義之勃興。

十九世紀之科學的應用，絕非以前人之夢想所及；機械發達，促工業之進步，人類漸由農業而移於工商，遂惹起產業之革命，物質文明達於絕頂文化的恩惠，固徧被世界，而其弊害，亦愈趨愈著，人類之生活日難，漸呈錯雜紛糾之景象矣。

然至二十世紀之初，前世紀末葉所醞釀之革命的氣運，漸達完全之境域；十九世紀所已認為確立之諸學科，根本上漸呈動搖之象，自然界的物質已非如前世紀所想之簡單，進化之理論，亦非皆自然淘汰之可以說明，如此之波動，漸及於各方，新起之學說簇出，不知將伊於胡底，自然界之現象無不

可以科學而解決之夢想已破，漸悟科學之力亦有所不可及之境域，即人類之理智發達，致科學之極端進步，然一面則漸認科學之決非萬能，其力亦固有極限，而在思想方面，亦為由物質主義復趨於精神主義之轉期。

吾人既生於二十世紀之現代，固不能不略知新說簇出紛糾錯綜之自然科學界的最近現狀，尤不能不一考人類智能之所及，及其現今所已成之事功，本書之目的，即欲選擇最近科學界之代表的重要論說，而略述其大要，以明其及於吾人對於自然界的宇宙，物質，能生命等之概念或思想上之影響。

第一篇述對於宇宙之天文學上的最近解釋；其次四篇述對於構成宇宙之物質及能或關於時間空間之物理學上的最近歸趨；第六篇述可視為無機界有機界間的渡橋之膠質化學，是為得以理化學的術語解釋生命的現象之基礎；最後四篇則先述生物之進化遺傳，以明其本質，更及於關於生理，病理等生活現象上之最近的發見。

科學者，固以「真」為其標語，而以追求「真理」為目的者也；然吾人對於科學上之所謂「事實」與「假說」，則不能不有明瞭之區別。假說為說明事實時之想像的假定，隨時代之進步而進步，從古迄今，起仆相繼，已不知其幾經變遷；一時代雖以為真，因智識之進步而漸遭破棄者有之，所見超絕，不能為當時所容者亦有之。蓋假說不能如事實之一定不變，故無絕對的

價值。即在現代，亦復如是。今之視爲真理者，至於次代固難保其不成爲陳列於科學博物館之古物。然如此變遷不定之假說，固非毫無效用，隨一時代人智之進步，固能存在於此時代，於更近於真之假說未出現以前，可藉以解釋自然界之諸現象。

第一篇 宇宙進化論⁽¹⁾

第一章 天文學之發達

夜出戶外，仰望天空，則見光芒閃爍，星如棋布，此時此景，豈能禁人生宇宙，時間之幻想乎？茫茫大空，何爲其極？宇宙生成，歲月幾何？吾人此時之思維，固已超越科學之境地，而入於詩或哲學之領域，而星辰之世界，實自有史以來，卽爲吾人思維及驚奇之對象。四季之變遷，晝夜之區別，爲隨伴地球公轉自轉等天文學上的現象而起之變化，而其知識，則對於循自然界之變化而起居工作之人類，有極重大之實用價值。古代民族及原始人種，皆觀測天體而知時節：以大空之面代時計，以星辰位置之變化代曆書。無論在實用上或思考上，天文學實爲人類科學最古之一種。原始時代，固已有種種宇宙之傳說，及觀測之研究，惟成爲純粹之有組織的科學，則在比較的近年。近年之天文學，爲最進步的科學之一，惟其發達，較他種科學爲略遲，此爲天文學之特徵，誠非得已。例如欲測一種天體之運動，須先觀測其相隔二時期間之位置變化，若星體之運動極緩，則兩時期間有相隔至數世紀者；由實際的觀測以

(1) Cosmogony

導出結果，既極困難，以所得之結果為資料而創為理論，其數學的計算之複雜，猶復倍之。天文學與可以自由實驗之學科不同：天體不能為實驗之資料，祇可賴觀測之一途。直至最近，始發明改良種種研究方法，漸達自由自在之境域，其研究範圍，大有無限擴大之觀；如分光景之研究，為其中之最主要者。

天文學有種種分科，大別之可為二系：一記載現在之事實及原理；一研究其方法及理論。前者謂之記述天文學；後者又分為若干門：論觀測法及器械使用法者，為實地天文學；依球面三角術而定天體之位置及運動者，為球面天文學；藉數學之力而論天體之軌道運動及曆之計算法者，為理論天文學；從力學上論天體之運動定律者，為天體力學；論天體之物理的性質狀態者，為天體物理學（天體化學）；論宇宙之構造及星辰之發展方法順序者，為宇宙進化論。其中對於吾人最有興味之問題為宇宙進化論。今於說述其構造及發展之概念之前，先略述一般天文學之極普通的常識如次：天文學之由來，起於實用及驚奇之追求心；其始也，多帶神祕的色彩，不能脫離神或人之運命，而非純正的科學；前者如各民族特有之神話，後者如卡爾德之占星術及中國之周易。此等神祕的迷信，今尚有之，如彗星為凶事之前兆，流星為人魂之昇天等，猶為無智人間所通有之信念。

埃及、巴比倫皆為歐洲文明之淵源，而天文學之發達，則以巴比倫為最早，西曆紀元前三千八百年，已有觀測天文之

紀錄。日蝕月蝕，既由觀測而知其週期，可以豫言，而分時間爲年月日時分秒之方法，亦始於卡爾德人。各星座之動物的名稱，皆爲卡爾德之神之表象，則其由來之古，可以想見。因豫言的占星術之隆盛，天文學日益發達，各行星之週期，亦已測定。卡爾德之天文學，其後漸衰，移於希臘，乃更有顯著之發達。

埃及之天文學的發達，雖較後於卡爾德，然因尼羅河之氾濫，而知一年之期間，金字塔位置之正確，直可擬爲天體觀測所，則其發達之跡，亦可窺而知。埃及之天體崇拜，爲其天文學之先驅，亦如卡爾德之占星術，天體觀測所以祀神。

中國之天文學的發達爲時亦最古，紀元前二千六百年之黃帝時代，已作天干地支而定曆法，春秋中有紀元前二千三百年堯之時代已定春分秋分日蝕月蝕之紀載。降至周代，觀測方法更爲精密，黃道傾斜之測定，其正確實堪驚歎。1280年元帝忽必烈卽位時所造之器械，較之泰西，有三世紀之進步，至十七世紀，西歐文明移入後，乃漸爲所凌駕焉。

各種科學，皆至希臘而始大成，天文學亦然，而其源則發於卡爾德。愛奧尼亞之哲學者亞諾芝曼尼於紀元前五百年，始創說天空爲球形之穹蒼，以地球爲中心而迴轉，其說雖誤，然在當時，則較以地球爲無底無界者，已高一籌。畢達哥拉斯⁽¹⁾出，旅行埃及及東洋，始以地爲游動於空間之球體。其後以地球爲更依中心之軸而自轉者，其人漸多，而創純正之太陽中

(1) Pythagoras

心說以說明地球之運動者，則爲亞歷山大之亞里斯他克⁽¹⁾氏之假想，雖尙不充分，然在古代，則最爲正當，祇因當時之人智未進，遂爲所埋沒，而讓太陽迴轉於周圍之地球中心說，猶廣續至十數世紀。即希臘大哲之亞里斯多德，亦以地球爲世界之中心，喜帕卡斯⁽²⁾於紀元前一百三十年時，又以歸納法述地球之中心說。其後天文大家托勒密⁽³⁾亦仍敷衍其說，則其勢力之大，可見一斑。

古代文明沒落，基督教全盛之黑闇時代出現，自然科學，萎靡不振，天文學亦何能幸免。後希臘之天文學復興於亞拉伯，由摩爾人傳於西班牙，爲歐洲天文發達之首魁。英國德國亦漸復興古代之研究，而近代天文學則開端於文藝復興期後之哥白尼⁽⁴⁾。哥白尼之前，勒翁納得達芬奇⁽⁵⁾已以地球與其他天體相同，而稱之爲星，與月球相同而反射日光。惟此種頭腦之進步，祇爲精神的，而非具體的。

哥白尼 (1473-1543) 爲近世天文學之鼻祖，唱地球與其他行星皆以太陽爲中心而迴轉之地動說，以破十六世紀地球中心說之妄想。當其游歷意大利時，得知畢達哥拉斯之太陽中心說，以不完全之器械觀測之，遂於1530年完成其研究，而與以最後的決定。太陽系之構造，亦漸次明瞭，所貢獻於天文學上者誠非淺鮮。十七世紀發明望遠鏡後，天文學之研究，

(1) Aristarchus

(2) Hipparchus

(3) Ptolemy

(4) Copernicus

(5) Leonard da Vinci

日益進步。最初製成完全之望遠鏡而為偉大之發見者為伽利略⁽¹⁾。氏生於哥白尼死後約二十年，以其望遠鏡證明哥白尼說之正確，故頗有名。以地動說為反於基督教之教義，於法皇前命其取消時，氏雖陽從，而陰則小聲囁嚅言曰：「奈何其實際是動的」，為一有名之逸話。牛頓宇宙引力發見之先驅，亦為伽利略氏，惟其題材，則取於泰岐布刺⁽²⁾及刻卜勒⁽³⁾。二氏與伽利略約略生於同時代。布刺雖亦感於哥白尼說而行觀測，然不幸夭折，未有所成。刻卜勒繼其後而研究之，遂發見關於行星軌道之有名的刻卜勒氏定律。依此法則，加以力學的解釋，而發見宇宙引力之大法則者為牛頓⁽⁴⁾。適生於伽利略死亡之年。牛頓觀蘋果墜地而思及引力，固盡人皆知，然地球若吸引蘋果則未必不吸引月球，太陽之於地球及其他行星，未必不吸引之使迴轉於軌道。氏既證明蘋果墜地與月球迴轉於軌道，皆循同一之原因法則，歡喜之極，幾至不能見其計算之數字。由此與達爾文⁽⁵⁾進化論並稱之科學史上的大發見及刻卜勒氏定律，行星運動，遂完全得其解釋。牛頓定律之最後的實證，為1846年之海王星的發見。由天王星之引力的關係及軌道之研究，於實見之前，既豫想其外側有一如何大之行星，計算其位置。而以望遠鏡實測發見之，實可謂人智之最高表現。依牛頓定律而繼續研究者有蘭格倫日⁽⁶⁾，西門⁽⁷⁾及拉普拉斯⁽⁸⁾等。

(1) Galilei Galileo

(2) Tyche Brahe

(3) Kepler

(4) Newton

(5) Charles Darwin

(6) J. L. Lagrange

(7) Simon

(8) Laplace

而拉普拉斯則倡「星雲說」⁽¹⁾以解說太陽系發展之徑路。其後天文學日益發達，學者輩出，人數過多，不遑枚舉。自十九世紀發明攝影術，夫牢因和斐本生⁽²⁾，克希荷夫⁽³⁾等完成分光器而應用於天文學以來，又起一大革命焉。

第二章 望遠鏡及分光器

天文學所用之重要器械為望遠鏡，分光器及攝影機。若無此等器械之發明，決不能有現在之進步，可敢斷言。茲略述其前二者如次：

望遠鏡為放大物體而使現於近處之器械，可以見肉眼所不能見，或雖見而不能明之種種天體狀態。實際不藉望遠鏡之力則不得見之星體，其數遠多於肉眼所能見者，而尤以星雲，殆皆為望遠鏡的天體。

望遠鏡發明於何時，自古雖有直接間接之紀錄，而實際始作於十七世紀之初，則似較正確。即1608年造於荷蘭，發明者雖稱三人，實則初作者似為力拍社⁽⁵⁾，其後製造甚多，漸徧布於歐洲。

然伽利略之著書中，有一段紀載云：當1609年，彼於意大利之柏尼斯聞望遠鏡發明之談時，即依光線屈折之理，想出器械之構造；由柏尼斯歸巴地亞之翌日，遂嵌凸面透鏡於鉛

(1) Nebular hypothesis (2) Fraunhofer (3) Bunsen (4) Kirchhoff

(5) Lippershey

管之一端，凹面透鏡於其他端，而造望遠鏡。初造者祇能三倍天體之直徑，後擴大為三十三倍。遂於1610年發見木星之衛星，而見前人所未得見，後更證實此衛星迴轉於木星之周圍。為時未久，又發見太陽之黑點而確認其自轉，以證明哥白尼說為真理，且得見月球表面之山谷焉。此望遠鏡復經伽利略大加改良，且為種種偉大之發見，故普通稱為「伽利略式望遠鏡」，即用凹凸兩透鏡者。

1611年，刻卜勒始由理論實驗兩方面，論用二個凸透鏡所造望遠鏡之優點，其實際製作者為申涅⁽¹⁾，而一般應用，則在十七世紀之中頃；比之伽利略式，視野甚廣，故為一般所樂用。其後海亘史⁽²⁾始作焦點距離為12呎之強力望遠鏡；於1655年，發見土星衛星中光輝最大之星，後喀西尼⁽³⁾又以此鏡發見土星之第三，第四，第五三衛星。刻卜勒式所見之像，不如伽利略式之明顯，故不得不加長焦點距離，為其缺點。卜拉德寶⁽⁴⁾等作一望遠鏡，其接物透鏡之焦點距離為212 $\frac{1}{4}$ 呎，於1722年十二月二十七日，以之實測金星之直徑。此等長焦點之望遠鏡為無筒式，形極奇妙。

此時尚不知併合二玻璃片以造透鏡，故所見之像皆呈七色，而周圍不甚顯明。透鏡之面不用球形而用拋物線形，則可免球面收差。應用此理以造望遠鏡者雖亦有之，然未能成功。牛頓於此時始發明反射望遠鏡而造成之，氏於1666年發

(1) J. C. Scheiner (2) Huygens (3) Cassini (4) Bradley

見白色光線之七色，其屈折率皆各異，斷定從來所用屈折望遠鏡之難於改良，以爲欲除色收差及球面收差，須作反射望遠鏡以代之，以錫銅合金爲最良之反射材料，而講求磨光之方法，氏之最初所試，已完全實現其希望。

其後學術進步，雖可以併合異質玻璃而成之透鏡，免除色收差及球面收差；然自英之赫瑟爾⁽¹⁾造極優秀之反射望遠鏡而成就其著名之研究以來，聲名漸著，故現今各國之天文臺，殆皆爲此反射望遠鏡所獨占。完全而且甚大之透鏡，不惟難於製造，且不便運搬，故口徑大而又極明瞭者，頗不易得；然在反射望遠鏡，則無此弊，而明瞭確切，尤其特長。

望遠鏡之發明，既促天文學之進步，而分光學之研究，又齋與革新的結果。日光通過三稜鏡，則分爲紫赤等若干色，此因構成日光之各種有色光線，其波長及屈折率皆各異也。光線通過三稜鏡所生配列之色，稱爲分光景⁽²⁾。分光景因發光體之物理的狀態而各不同：即由白熱固體或液體所發光線之分光景，雖各色皆相連續，而由白熱氣體所發光線之分光景，則除現色於特別部分外，餘皆暗黑，前者謂之連續分光景⁽³⁾，後者謂之輝線分光景⁽⁴⁾。可生連續分光景之光線，若中途通過某種氣體，則光線爲所吸收，而生現有黑線之分光景，謂之吸收分光景⁽⁵⁾。分光學之最初的重要研究者爲夫牢因和斐，氏先知

(1) William Herschel

(2) Spectrum

(3) Continuous-spectrum

(4) Line-spectrum

(5) Absorption-spectrum

太陽光線之分光景有無數黑線，後更精勤努力，漸能定其圖上之位置，取其中最重要之九線，各附以 A, B, C 等之文字，今稱爲夫牢因和斐線。⁽¹⁾白熱的鈉蒸氣所生光線的分光景之輝線，與氏所命名爲 D 之黑線全相一致。此等黑線之意義，頗爲其後多數學者間之難題，直至本生及克希荷夫出，始能完全理解。連續分光景上之黑線，因光線通過某種元素之高熱蒸氣時，其與此元素燃燒時所發之單色光線相同者爲所吸收而生，其位置與此元素的分光景上所現之輝線全相一致。故太陽光線的分光景之黑線，若與實驗室中所作某種元素之輝線分光景的位置相一致時，卽以示太陽附近有此元素的蒸氣之存在。夫牢因和斐線之意義既如上述，後由克希荷夫及其他學者之研究，而發見地上所有元素之四十餘種，皆存在於太陽之周圍，於是天文學上遂起一種革命的研究，卽存在於無限遠的天體上之元素物質，亦可以間接的知其存在。自此以來，天體化學之學科成立，星之分光景的研究，漸趨極盛；由此研究而知太陽及其他恆星，皆成於與地球相同的物質，而與星雲說以一種根據。今由分光景之型，可大別恆星爲四種。如此之型，所以示宇宙星辰，已達其繁榮之極點，而漸次衰微而成闇黑之變遷階梯。

分光器初雖祇用以考察存在於天體之元素，然由其後之研究，而知同元素之分光景，又常因其單獨存在，或與他元

(1) Fraunhofer's Lines

素相化合，及白熱發光體之溫度壓力等物理的狀態，各不相同；今則不惟知元素之存在，且可應用之以察天體之物理的狀態。

分光器之更重要的應用，爲星雲之研究；以低度望遠鏡觀之，其狀如雲之星雲，後以強度望遠鏡觀之，漸知爲無數恆星之集團。英國之著名天文學者赫瑟爾，以爲若用適當強度之望遠鏡以觀測之，星雲皆可分解爲星團。然自依分光景之研究，而知白熱氣體所發光線之分光景現有輝線以來，漸知星雲之中真有氣態物質之存在。由此觀之，哥白尼之星雲說，固又得一種根據，而即以強度望遠鏡猶不能識別其各個星體者，亦有時可觀某分光景之連續而知爲星團。

分光器之最後的應用，爲可以知天體之運動。其理論的原理，甚費解而難盡，茲從省略。因分光景黑線之偏差，可以知發光體以何速力而遠近於地球。更應用攝影術於分光器，則雖爲肉眼所不能見之微弱分光景，亦可明瞭認識而便於研究。由此觀之，吾人之智能誠足驚異，而分光景研究之範圍，更將開拓於無窮焉。

第三章 天體之種類及其性質

游動於宇宙間之無數天體，可因其特有之性質，區別爲若干種類：最初之區別爲白熱天體⁽¹⁾及闇黑天體⁽²⁾；前者能自發

(1) Incandescent Bodies

(2) Dark Bodies

光而映於人目，後者則因附近白熱天體之光的反射或其引力的關係而知之。

白熱天體，含恆星⁽¹⁾及星雲⁽²⁾二者。太陽，亦為恆星之一，普通皆為球形，有顯然之周邊。星雲反是，形不規則，周邊亦不一定，體積甚大，粗觀略似雲霧。星雲非望遠鏡不能見之，肉眼所得見者，不過一二而已。星雲為宇宙構造及進化上極有興趣之問題，後當稍詳述之。星雲與恆星之間，無截然之境界，祇為有階級的變化。

為研究之便宜上，亦可區別為太陽系之天體及太陽系外之天體。太陽系比之宇宙全體，固極微小，然於吾人，則有極重大之意義，而實際吾人所知之闇黑天體，殆皆屬於太陽系。太陽系，由輝耀於中心之太陽，迴轉於其周圍之行星，行星周圍之衛星，及無定位之彗星，流星等而成。滿布於天空之一切恆星，是否亦如太陽系周圍之圍繞以行星，固為當然起於腦海之問題，然因距離極遠，故無由知其詳細之構造。白熱天體之恆星，與闇黑天體之行星，可依其閃爍與否而區別之，即行星之光，直射如芒，而恆星之光，則點點閃爍，其閃爍原因，由於大氣之振動。

茲取恆星的代表者之太陽，而考察其性質如次：太陽之研究，已行於古來之多數學者，故其研究之結果，有種種變遷，茲舉其最近之數字的結果如次：太陽距地約為九千二百八

(1) Fixed Star (2) Nebulae

十三萬哩，而距其最近之恆星半人馬座 α 星⁽¹⁾爲其二十七萬倍。二倍太陽與 α 半人馬間之距離，其間所有之星不過六個。

太陽並非靜止，隨以多數行星，以每秒十二哩半之速力，約略進行於天琴座 α 星⁽²⁾之方向。此速力爲坎麥爾於1902年由二百八十個恆星之運動方向及速力歸納而得之結果。最初研究太陽之運動方向者爲赫瑟爾，與現時所得之結果，無大差異。最近所發表者爲1899年之鈕坎⁽³⁾及1901年之卡普廷⁽⁴⁾。然自最近二大星流說⁽⁵⁾倡導以來，其根據似又動搖。

由地球觀之，太陽之光度，爲恆星中最明之一等星之光度之 10×11 倍。若想像其在距離最近之 α 半人馬星上觀察，則較一等星之光度稍明，約可視爲第0.7等星。若更由平均視差爲一秒之星上觀之，則較五等星猶稍暗，僅能爲肉眼所得見。太陽之分光景爲有無數夫牢因和斐線之連續分光景，即爲吸收分光景。若依星之分光景的分類法言之，則爲所謂黃色型星（如後所述），似已過其全盛時期。太陽中有地上元素四十餘種之存在，就中以鐵，鈉，鎂，鈣，氫等爲最著。其表面溫度約近於六千度。

太陽之直徑，約爲地球赤道直徑之109倍即八十六萬四千哩。其重量約爲地球之三十三萬二千倍，而密度則較地球爲小。太陽之自轉週期，研究結果頗多，約爲二十五日。

(1) α -Centauri(2) α -Lyra

(3) Newcomb

(4) Kapteyn

(5) Theory of Two Star-Streams

一般恆星之距離，運動，光度，分光景及其數量，位置，分布等之研究，近年來極為進步。茲述其概要如次：恆星（即其他太陽）與地球之距離，即最近之半人馬座 α 星猶為太陽距地之二十七萬倍，其最遠者殆近於無限大。故地球上所用之測長單位，不能適用於天文學，天文學上所用者為「帕塞克」⁽¹⁾及「光年」⁽²⁾之二單位。光年為光線一年間所通過之距離；光之速度為每秒三十萬浬，故一光年之距離，其大可知。以光年言之，半人馬座 α 星與太陽之距離為 4.3，宇宙兩極間之距離，則不知其為幾千萬，故天空即出現一星，亦非至數年或數十年，不能見於地球上之吾人，而其光線未達吾人之前，或已起若何之變化，亦不得而知。

「帕塞克」之單位，約略如次：今以地球為 E ，太陽為 S ，某恆星為 A ，而稱對於三角形 EAS 之 ES 邊之 A 角為視差； A 之距離極遠，故此視差亦極小，約在一秒以下；一秒為分圓周為三百六十度之六十分之一，則其微小，可想而知。恆星愈遠，則視差愈小，測定愈難。視差一秒時，恆星與地球間之距離，稱為一「帕塞克」，約為太陽地球間距離之二十萬倍，與 3.26 光年相當。距離更遠，視差為 0.1 秒時，稱為 10 帕塞克，為 0.01 秒時，稱為 100 帕塞克。

星之距離測定，茲固不暇詳述。普通所用之最直接的方法，多利用地球以太陽為中心之橢圓形運行，依半載相隔，現

(1) Parsec (2) Light-Year

於反對位置時之二回觀測，以測定其星之視差。依此方法，最近已測定其視差之星，約有五百。

一般星體之是否運動，固尚為問題，然粗觀不動之太陽，猶以急於砲彈之速力而運動，其他宇宙間所有之星，當皆無不運動。最近二大星流說倡導以來，漸信形成宇宙之星體，約可分為有反對方面之二流。

恆星常因其光度而分為若干等級。等級之名，雖始於埃及之托勒密氏，而今則用最正確的科學的數量，即其光度弱於標準恆星 $\frac{1}{2.512}$ 者，降一等級。五等星之光度，相當於一等星之 $\frac{1}{100}$ ，即 $(2.512)^5 \div 100$ 。肉眼所能見之恆星，為六等星以上者，其數約有六千，六等以下者，非用望遠鏡，不能認識。望遠鏡所初能見之等級，因時代而不同。百年前赫瑟爾用18吋之反射望遠鏡時，所能見者為13.5等星，最近美國威爾遜山天文台用世界最大之60吋之反射望遠鏡攝影視之，已能見二十一等星。光度最強者，為早春黃昏輝耀於南天之犬狼星⁽¹⁾，其光度為負1.4等，其次有名之明星為織女，牽牛之二星，前者之光度為0.2等，後者之光度為0.9等，距地最近之半人馬座 α 星之光度約為0.2等。

恆星之數，究有若干？六等星以上者約有六千，由最明者以至於十七等星之總數，約為五千五百萬。由此比例推算，則星之總數並非無限，約為十億至二十億；其分布狀態，以銀河

(1) Sirius

之方向爲最多，愈偏則愈少。觀上述數字知光度等級愈低者，其數愈多，此因距離甚遠，光度漸減之故。其增加比例，約爲每降一等，此等級以上之星的總數增加三倍。學者之間，亦有計算各等級星體光度之總和，各等級皆相同一者，然此不過示其大概之數字而已。

恆星之分布，當更述於後章之構造論，其分光景之研究，亦於後章進化論述之。

恆星各因其羣而分爲星座⁽¹⁾，多附以由神話而來之名稱；換言之，即分衆星爲若干星座，以定天空之區劃，使星世界之地理，易於了解。一星座內之星，依光度之大小，附以希臘文字 α, β, γ 等名稱。例如北極星爲小熊座之 α 星，織女星爲天琴座 α 星之別名。星座祇爲比較的接近之星羣，實則相隔甚遠。恆星之中，有肉眼視之雖似爲單一之星，以望遠鏡視之，則爲極相接近之二星者，如此者謂之連星⁽³⁾，爲天文學上最有興味而最重要之研究對象。連星之中，有祇因方向一致，視之極似接近，實則相隔甚遠，其間或夾以其他無關係之星者，稱爲透視連星⁽⁴⁾；惟此種連星，其數極少，實際則多相接近而成一系統，可以望遠鏡直接辨認者，稱爲現視連星⁽⁵⁾，不用分光器則不能辨認者，稱爲分光連星⁽⁶⁾。美國之愛特肯⁽⁷⁾謂星之總數之十六分之一爲現視連星，坎麥爾謂其 $\frac{1}{4}$ 至 $\frac{1}{8}$ 爲分光連星。最初貢獻

(1) Constellation (2) Ursa Minor (3) Binary Star (4) Optical

Double Star (5) Visual Binary (6) Spectroscopic Binary (7) Aitken

重要之研究於連星者，爲英人赫瑟爾氏，爲其一生重要事業之一。氏見極相接近的星體之多，而欲知其相互間之距離，由1782至1785之數年間，凡其所知之連星，皆已圖表其位置。於其1782年之論文中，氏既豫言此等接近之諸星，皆各各成對，互相運行；而十一年後再觀測其相互間之位置時，其豫言適相的中，即知此等連星亦依與支配於太陽系相同之重力法則，互相運行於其周圍。

連星之成因，尙不明瞭，或亦如太陽系之成形於原始的狀態之星雲而漸次進化，惟何以生行星系及連星系之區別，則無由知之。

星體中之光度不定者，稱爲變光星⁽¹⁾，其種類頗多：有短時間之週期的光度增減者；有極不規則無一定之光度者；有徐徐增加達一定之光度時，再漸減少而更反覆者。例如亞爾哥星⁽²⁾之平常光度爲2.3，而至週期之2日20小時49分，則降爲3.5，其變光時間約爲9小時又四分之一，如此者稱之爲亞爾哥式變光星⁽³⁾。密拉星⁽⁴⁾爲最初發見之變光星，以333日爲週期，由九等星變爲二等星而再返於九等星，如此者則稱之爲長週期變光星⁽⁵⁾。其他種類尙多，然變光原因之已知者，惟亞爾哥式變光星之類而已。凡此皆由連星而成其變光現象，因運行於周圍之他星隱蔽而起，故其變化爲週期的。其他原因，或

(1) Variable Star

(2) Algol

(3) Algol Variables

(4) Mira

(5) Long-Period Variables

歸於如太陽之週期的活動而起之表面物理的變化，然實則尚多不明。

類似於變光星者有新星⁽¹⁾之一種。此爲突然出現而輝煌於大空之天體，暫時之後則失其光輝而返爲原來之闇黑體。現在所留於記錄之新星約有三十，其中以替學星⁽²⁾之光度最強；始出現於1572年，五日之後輝耀如一等星；暫時之間，與金星同光，晝間亦得見之；然三週之後，光度漸衰，至1574年之三月而消失。最近之有名者爲拍爾塞星⁽³⁾，發見於1901年二月二十一及二十二之兩日，然同年二月十九日之天空攝影，尚未見其出現，則其迅速，可以想見。二日之後，其光度達於零等；其後漸衰，至1903年之七月，降爲十二等星，以迄於今。新星之出現或謂起因於闇黑二星之衝突，或謂起因於闇黑星之爆發，二者孰是，尚無定說。

星團⁽⁴⁾爲二個以上之恆星，如連星之相接近；惟其數不定，由數個以至數千。例如獵戶座之 θ 星⁽⁵⁾，爲六個星之星團，半人馬座之 ω 星，則由六千以上而成。星團之詳細，尚多不明，概以球狀星團⁽⁶⁾爲多，其星之分布，以中心爲最密。此等星或亦因相互之引力而運動；惟因距離過遠，難於辨認。星團爲多數之星，密集於比較的狹小空間，故其間之引力，當必甚大；然則因其引力，漸次聚集，或竟併爲一體，亦未可知。學者之間，亦有以爲

(1) Nova (2) Tycho's Star (3) Nova Perssei (4) Star-Cluster

(5) Orion (6) Globular Cluster

此假想若果正確，則今將見由混沌一體發展為行星系或連星系之反對的進行順序；然恐此終不過為一假想耳。

星雲為外觀如雲之有光輝的天體，惟因其與他天體之比較的位置不變，可以與類似之彗星相區別，記錄之可稽者，以1612年十二月十五日德國美立阿斯⁽¹⁾所見仙女座之星雲⁽²⁾為最初發見，其次為1618年之獵戶座星雲⁽³⁾，此二者為肉眼所能辨認之惟二星雲，餘則非藉望遠鏡及攝影，不能知其存在。

天空所能見星雲之數，因時代而逐漸增加，1771年法國麥西⁽⁴⁾於巴黎所見者為一百三個，後老赫瑟爾增至二千五百，至其子約翰赫瑟爾則由1825至1847年之觀測，得三千九百二十六個；最近因此學更進步，其數異常增加，拍林⁽⁵⁾等以為不下十萬之數倍，星雲雖粗觀如雲，然若以極強度之望遠鏡觀之，則多可識別為星團；如老赫瑟爾者，亦以為一切星雲，皆可由將來望遠鏡之改良而全歸於星團，雖然，由最近分光學之發達，知星雲之中有呈輝線分光景者，故知有由氣體而成之純粹星雲；氣體之種類，以輕氣為主，餘如氮亦已知之，星雲分光景之輝線中，有共通於多數星雲而發於地球上所無之元素者，尼科爾孫⁽⁶⁾依電子說而研究原子之構造，以此稱為星雲線⁽⁷⁾之輝線，成於有最簡單的構造之原子所發之光，而名其元素為星雲素⁽⁸⁾，星雲中除由望遠鏡可視為星團，及依輝線分光

(1) Marius (2) Nebula in Andromeda (3) Nebula in Orion (4) Charles

Messier (5) Perrine (6) Nicholson (7) Nebula Line (8) Nebulium

景而知爲成於純然之氣體者外，又有以望遠鏡觀之雖不能分辨爲個別星體，然以分光器檢之，則見有現連續分光景，而知爲由固體而成之星團者。其他之研究未盡者，爲數尙多。

星雲之中，雖多呈奇形，然亦可大別之爲不規則星雲⁽¹⁾、氣球星雲⁽²⁾及渦狀星雲⁽³⁾之三者：不規則星雲形皆不定，無判然之周圍，惟由分光器而知爲成於白熱氣體；然如此稀薄之氣團，何以能呈白熱狀態，則全在疑問之中。屬此之星雲，雖有種種，今取其代表的獵戶座之大星雲以說明之，則其形散亂，宛如大火災時之火焰。其內部之運動，雖各部不同，而全體之運動則幾等於零。畢克靈⁽⁴⁾以其距地球之遠爲二千光年，其自體之大，約跨有一百光年之距離。

氣球星雲雖有種種，其形皆小，略近圓形。其分光景皆由輝線而成，故易知爲成於氣體。如小狐座⁽⁵⁾之啞鈴形星雲及天琴座之環狀星雲等，可以望遠鏡擴大之而現爲圓形者，稱爲行星狀星雲⁽⁶⁾；即以望遠鏡觀之，仍祇見爲一點者，稱爲恆星狀星雲⁽⁷⁾，此可因其輝線分光景而與恆星相區別。此種星雲，其數無多，而行星狀星雲之中心，多附隨一個星體。

渦狀星雲，狀如螺形，占星雲中之大多數，有連續之分光景，其中有以望遠鏡視之，亦僅現極小之橢圓或一點者，然因其有連續分光景，故歸於此部分光景爲連續的，故知爲固體。

(1) Irregular Nebula (2) Planetary Nebula (3) Spiral Nebula

(4) Pickering (5) Vulpecula (6) Planetary Nebula (7) Stellar Nebula

或即爲恆星之大集團，然即以最大之望遠鏡視之，亦不能辨認其個個星體，故異於他之星團。最著名者爲仙女座之星雲及獵犬座⁽¹⁾之星雲；前者因觀於斜面，現橢圓形，然由近來之研究，知有渦狀之構造；後者觀於正面，故渦形顯明。渦形之構造，如二尾右卷，各尾之端，方向相反，一尾之端則附以大塊。

星雲之中，現輝線分光景而成於氣體者，其數極少，大多數則皆爲渦狀星雲；依刻替斯⁽²⁾之推測，其數約有百萬。渦狀星雲之特徵，爲其在天空上之分布；氣體星雲及星團，多在近於銀河之方向，而渦狀星雲，則多在離銀河面最遠之極處。渦狀星雲，以大於他種天體二十倍至三十倍之速度，對於太陽系而運動，又常有極小新星之發現，故多數學者，皆以渦狀星雲爲吾人的銀河系以外之又一宇宙系統。此種理想，雖尚有異論，然理論實際，固皆有相當之根據。依刻替斯之假想，則距地最近之仙女座大星雲，約爲五十萬光年，遠者竟達一千萬光年以上。

第四章 太陽系之進化

吾人若能離開太陽系而由宇宙一點眺望太陽系之運行，則將呈如何之偉觀乎！八大行星，各自迴轉，更以赫赫之太陽爲共同之中心，運行於其周圍而反射其光線；行星自體，亦隨有運行於周圍之衛星；流星如雨，各循軌道，運行不絕；至若

(1) Canes (2) Curtis

(1) 彗星,更任性之所之,運行於迥異尋常之軌道,此井井有條之太陽系的構造,其始也即呈如斯之姿態乎?其果爲神之創造乎?抑循自然之法則而成者乎?凡此種種,固皆爲有生以來,最費推理考究之問題,於敘述其進化之前,茲先考察其構造。

太陽系由中心之太陽,八大行星,二十七衛星,數個彗星及散布於其間之無數流星而構成之,其各星之大小,公轉日數,距日遠近,可觀下表而知之。

	衛 星 數	距 日 遠 近	直 徑	公 轉 週 期
水 星		36,000 千哩	2,976 哩	87.97 日
金 星		67,269	7,629	224.70
地 球	1	92,998	7,917	365.27
火 星	2	141,701	4,316	688.98
木 星	9	483,853	86,259	4,332.56
土 星	10	837,068	72,772	10,759.20
天王星	4	1,784,332	32,879	29,586.29
海王星	1	2,796,528	29,827	60,187.05

火星與木星之間,有無數環狀之小行星羣,以太陽爲中心,各運行於特有之橢圓軌道上,其數在七百以上,水星距日最近,海王星距日最遠,普通在地球之內側者稱爲內行星,其(2)外側者稱爲外行星。(3)

此等諸星,皆略在同平面上,同方向而自轉公轉,雖然,其

(1) Comet (2) Inferior or Interior Planet (3) Superior or Exterior

中亦有例外，土星之軸，顯然傾斜天王星之自轉方向，與軌道面爲直角，若以自轉方向右轉時所見之北極爲北極，則海王星之北極在於下方而逆轉。土星木星海王星之衛星中，亦有逆轉者，天王星之衛星，迴轉於垂直太陽赤道面之方向。此等例外，離心愈遠，其形愈小而愈甚；如此迴轉方向或同或逆之現象：一爲星雲說之根據，一又爲否認之資料。

太陽系中視爲怪物之彗星及流星，茲略述如次：彗星之出現，古多視爲戰爭之前兆，凶多而吉少，流星之馳逐，則以爲魂昇天國，然此不過爲一種神秘的聯想，星之自體，原來無心。

屬於太陽系之彗星，有極細長之橢圓形軌道，且以太陽爲一焦點而運行；其週期之已知者，約有十九，長短參差，皆不一定。然此種已知其軌道及週期之彗星，爲數極少，餘則是否屬於太陽系，有無一定之週期及橢圓軌道，皆不明瞭。若其軌道爲拋物線或雙曲線，則一次近太陽後，永久不再歸來。

彗星之能以肉眼認識者極少，多爲望遠鏡的天體。普通彗星，由如恆星之中心核⁽¹⁾，環繞周圍如雲霧之髮⁽²⁾，及由此射出之尾⁽³⁾三部而成，其物理的狀態，尙多不明。彗星常消失其物質之微小部分，尤以近日點之附近爲最著。彗星之分光景，由連續分光景及特別三輝線而成，故知成於反射日光之個體及白熱氣體。其氣體有謂爲碳化合物之精⁽⁴⁾者。彗星之尾，當其遠

(1) Nucleus (of Comet) (2) Coma (of Comet) (3) Tail (of Comet)

(4) Cyanogen

太陽時，殆不可見，漸近漸明，近日點處其尾最長，漸遠則又消失。尾成於由核發散之無數微粒，常向於反對太陽之方向，而不爲太陽之引力所牽引。說明此現象之假說有二：一謂因太陽光線之壓力，一謂因太陽放射之電壓。壓力常與受壓物體之面積爲比例，引力則與被引物體之容積爲比例。同形之物，其體愈小，其容積較之面積亦愈小。應用此理，則此時之容積既小，故所受光線之壓力，較大於其引力；即彗星之尾爲極小之微粒子，故光線之壓力勝於引力，壓其尾於太陽之反對方向，此已得馬克斯維耳⁽¹⁾等之實驗的證明。次於光壓說者，爲近年之放射說，起於鐳放射之研究進步。即太陽亦有放射能，放射帶電之微粒子於空間，使彗星之尾帶電，與太陽相斥，而引長於反對方向。兩者孰是，須待決於將來。

彗星非如行星之一定不變，其最著之例，是爲比拉彗星⁽²⁾。自1772年發見以來，以一定之週期，運行於其軌道，然當其於1846年極接近於地球時，受地球及木星之擾亂，於天文學者正在觀測之一二日間，分裂爲二，至1852年，二者相隔甚遠，儼若兩星。後於1872年十一月末，多數流星落下時，雖尙能認其殘骸，然自此以後，則完全消失，不留遺跡；此蓋因被行星之引力擾亂時，構成彗星之各部，散亂於軌道全體，儼然成爲流星。彗星近於大行星時，有時受引力之影響彎曲其軌道，若此時成爲拋物線或雙曲線，則永久不能復歸。

(1) Maxwell (2) Biela's Comet

彗星之起原爲何？是否最初即屬於太陽系？現固尚難解決，而普通所行之學說，有抑留說之一種，此說謂彗星始由無限距離而來，皆爲拋物線之軌道，近於大行星時則因其引力而改變；若變爲橢圓，則成爲週期彗星，永久屬於太陽系，若變爲雙曲線，則永久不復歸來。

流星爲浮游於天空之小天體，入大氣中，則因磨擦而發光，故能認其存在。其發光繼續時間，普通在一秒以內，高距約爲十哩至百哩，速度多爲每秒一二十哩，其速者有時可達七十哩，一人一小時所能見流星之數，雖不過數個或數十個，然依此比率而推算之，則一晝夜入於大氣內之總數，約達一二千萬，加算肉眼所不能見之望遠鏡的流星，其總數或增至數十倍。

流星多來於地球進行之方向，故中夜後所見者，較中夜前爲多。流星有無數飛散降落如雨者，此現象稱爲流星雨⁽¹⁾，其最著之例，爲八月十日所見之英仙座流星羣⁽²⁾，十一月十五日所見之天獅座流星羣⁽³⁾，及同月下旬所見之仙女座流星羣⁽⁴⁾；其出現時，常如由一點而發散於四方；此點稱爲輻射點⁽⁵⁾，因流星平行而入於大氣中，故呈此現象。流星常隨輻射點所在處之星座而命名。

彗星與流星羣，似有密切之關係；計算流星羣之軌道而

(1) Meteoric Shower (2) Perseids (3) Leonids (4) Andromedids

(5) Radiation

觀之，多與彗星之軌道相一致，如仙女座流星羣與比拉彗星；天獅座流星羣與騰拍爾彗星；英仙座流星羣與塔特爾彗星。⁽¹⁾⁽²⁾由此推之，彗星不過爲密集流星羣之一種。

太陽系之構造，略如上述，其成因則爲從古及今之一大疑團。人智未進之往古，各民族間固皆有其特別之傳說，而科學的解釋，則始於近年康德⁽³⁾及拉普拉斯之星雲說。雖云科學的解釋，然既無目擊之實證，且不見絲毫之痕跡，不過爲一種純粹的推理而已，惟在吾人之現在的智識範圍，則不得不認爲最合理的學說。

宇宙爲神之所創造，乃人智稍進以後之思想。當往古之蒙昧時代，則以鳥類或他種動物爲創世主，或竟以地球（即世界）爲破卵而出。埃及之古代，以爲萬物睡眠於稱爲嫩或奴⁽⁴⁾之液體中者幾世紀。基督教之舊約中亦云：神於六日間創造天地，草木，禽獸及人類，而翌日則休息焉。此種信念，經中世之黑暗時代而迄於近年，直至十八世紀之後期，康德及拉普拉斯之星雲說出，始與以科學的解釋。

宇宙進化論與生物進化論，皆爲近世科學上偉大學說之一；宇宙進化論以物理學上之定律爲基礎，而不齟齬於現在之觀察研究的結果，惟不能如生物進化論之完全，其理想雖極崇高，仍不能超越推理之境域。康德及拉普拉斯之星雲說發表後，研究益進，漸知與星雲說矛盾之事實，產出多種之

(1) Tempel's Comet (2) Tuttle's Comet (3) Kant (4) Nun or Nu

新說，如生物進化論之鼻祖查理斯達爾文之子豪厄德達爾文⁽¹⁾之潮汐磨擦說，莫爾頓⁽²⁾及辰柏林⁽³⁾之渦狀微小體說，及羅擊⁽⁴⁾之流星羣說⁽⁶⁾等。

關於太陽系之創造，古代之希臘哲學者，固各有特異之學說，而立腳於科學上之解釋，則起於近世，已如前述。今當敘說其概略之前，先述天文學上之二三重要法則如次：開天文學上之新紀元者，為哥白尼之地動說，後刻卜勒由運動學上依此說而立三法則，以解決行星運動之問題：(1) 行星速度，與距日遠近有一定關係，愈近太陽，速度愈增；即連結太陽與行星軌道上二點所成略近三角形之面積，與其運動時間有比例；(2) 行星之軌道，非圓而為橢圓，太陽為其一焦點；(3) 各行星繞其軌道一週所需時間之二乘，與距日遠近之三乘為比例。今若以二行星一週其軌道所需之時間為 T_1 T_2 ，至太陽之距離為 D_1 D_2 ，則成次式： $T_1^2 : T_2^2 = D_1^3 : D_2^3$ 。簡明言之，即行星距日愈遠，一週其軌道所需之時間愈多，而時間之增加率亦隨其距離而愈大。例如二倍其距離，則所需時間為 2 的三乘之平方根，即 $\sqrt{8} \doteq 2.8284$ ，若距離為 n 倍時則時間為 $n^{\frac{3}{2}}$ 。

刻卜勒定律⁽⁷⁾，專為運動學上之解釋；更加以力之關係，由力學上的解釋以定宇宙引力之法則者為牛頓。若以太陽與各行星間之引力，與其質量為比例，與其間距離之二乘為反

(1) Sir George Howard Darwin

(2) Moulton

(3) Chamberlin

(4) Planetesimal or Spiral Theory

(5) Sir N. Lockyer

(6) Hypothesis of

Meteoric Swarm

(7) Kepler' Law

比例，則行星之運動，適能與刻卜勒定律符合，牛頓已證明之。牛頓之前，雖亦有以太陽吸引各行星之力與其距離之二乘爲反比例者，然成爲完全正確之定律，則始於牛頓。牛頓定律，⁽¹⁾謂：凡一切物體皆互相吸引，其引力之大小，與兩者質量之相乘積爲比例，與其間距離之二乘爲反比例。氏爲證驗其說之正否，由力學上研究月之運動，知月之抑留於其軌道之力，全與其定律相一致；即由月與地球中心之距離及一週其軌道所需之時間計算之，與由月與地球之距離，地球之半徑及地球上之重力，計算其向於地球之加速度而得之結果，完全一致。牛頓定律，後由蘭格倫日，拉普拉斯等之研究，知與太陽系之現在觀測的事實，完全符合，其真確價值乃益爲學者所確認。此定律既能成立於現在，則未必不能適用於過去，應用引力定律於過去，以解說太陽系之創造者，爲康德及拉普拉斯。

構成太陽系之各天體間，有若干奇妙之一致點：(1) 太陽系內之各天體，皆略在同一平面，即太陽之赤道面；(2) 各行星及衛星之自轉公轉方向相同，皆與太陽之自轉方向一致；(3) 行星及衛星之運行軌道，皆爲略近於圓之橢圓。此等事實，固自古而已然，然若謂爲天地開闢以來，即皆具如是之共通性質，則頗難置信，而其信率⁽²⁾實亦極小。況乎太陽固常發散極大之熱能，昨日之狀態，不能再見於今日，則從古及今，已經幾多之變化，當無置疑之餘地。欲說明上述之事實，固不能

(1) Newton's Law (2) Probability

不認爲由共通之原始的物體，漸次進化而來。

基此思想以考察太陽系進化方法之最初學說，爲康德及拉普拉斯之星雲說。康德之說發表於1775年，拉普拉斯之說，發表於1796年。康德爲哲學者，故其說頗不完全；拉普拉斯則行科學的解釋，後由赫瑟爾之研究而益進步。

星雲說：假定太陽系之空間，有原始的混沌氣體的星雲之存在（康德以爲小流星之集合體，亦略相近），因其引力，漸次集合於中央，而凝固爲現在之太陽系，其成生經過，可依科學上之定律而說明之。混沌散亂之白熱氣體大集團，因引力漸集於中央，熱量放散，更漸次冷卻而收縮。初之徐徐迴轉者，因收縮而速度漸增，赤道附近之速度最大，遠心力亦最大，故離力勝於引力；遂由集團分離爲環，更因密度之不平均，集而爲球，此爲最外側之行星。中央之集團，仍收縮不已，故繼起相同之現象，而生其次之行星及衛星，以成現在太陽系之構造；中心之密集部尚未完全冷卻，殘留爲今之太陽，土星之有環，火星，木星間有環狀小行星羣，皆足爲此說之實證；各行星兩極之直徑稍短而呈如橙之形狀者，亦爲球狀液體回轉冷凝時當然之結果。

由太陽系放射之熱量而逆推之，亦爲一種研究之方法。太陽之光熱，爲地球上生物之源，地球所受之熱，較太陽放射於四方空間者，其量極微。每日放射如此大熱之太陽熱源爲何物？久爲難決之問題，今漸可依太陽之收縮說而理解焉。太

陽之熱，決非如白熱鋼鐵之放射熱，蓋如此則極易冷卻，而太陽則數千年間毫未見冷卻之事實。有以太陽之熱，來源於流星向太陽之降落者，然此亦為量極少，不足供每日之發散。若以太陽之熱，起於燃燒之化學作用，則欲得如此之放射熱，日需石炭二十噸，即以太陽全體皆成於有效之燃料，亦不出數千年而將盡。故如此之無限熱量，必依收縮說而後始能理解。太陽既每日放射如此之大熱，而毫不見其冷卻者，實基於一種頗奇妙之原因：即太陽放熱，則冷卻收縮，收縮之後，則物質分子之勢能，變為熱能而再發熱，此為物理學上勢常住之定律，太陽之熱源，即由此而得。太陽之直徑，約一世紀收縮十哩，今日之速度，已不甚速，若依此收縮比率而計算之，則千年前之直徑，當較今日大百哩，依此而往，遂達原始的星雲。自最近鐳放射之研究盛行以來，有以太陽放射，亦為鐳之放射，其熱亦由放射而得者，此說一出，收縮說固不免受其打擊。

太陽系既有共通之起源，則其生成物質，亦必共通。欲知物質之為何，以前除觀之隕石外，無他方法；然自分光器發明以來，此方面之研究，乃得一大光明。由分光景之研究，而知包圍太陽之白熱氣體中，有地球上所有元素之存在。真正氣體星雲之存在，亦由分光器之助而知之，又知其中央有一恆星，豈非示進化之階梯耶？凡上所述，皆為有利於星雲說之事實。

然其後天文學日益進步，星雲說遂生多數之難點：如前所述，屬於太陽系之行星衛星中，固有不受同一定律之支配。

者；以太陽系中各天體之質量，變爲氣體而擴散於天體全部所佔之空間，則其狀態必極稀薄；由遠心力分離之氣環，因密度不同而成球狀行星，亦無確然之實證；他如太陽之熱，既由最近之學說，有認爲鐳之放射者；而行星南北兩極之扁平，亦有以爲成於個體之極長時間的迴轉者；況乎由理論實際兩方面所計算行星之迴轉運動量，又有不一致之事實；故星雲說之基礎，已不如從前之穩固。

星雲說之動搖，雖如上述，然進化之理想，則依然存在；代星雲說而起者其說雖多，然最後結論，仍不能不俟之將來。茲略述新學說中之二三如次。

一切星雲，殆皆爲渦狀，美國之辰柏林及莫爾頓，遂依此事實而倡爲渦狀微小體說。此說以太陽系之起源，由於二個恆星之接近；二星接近，則因其引力而生潮汐，內部之高熱液狀物質，破外殼而噴出，散於空間而呈渦狀。現在之太陽行星及衛星，皆成於此種內有中心體外呈渦狀的微小體之集團。此說之缺點甚多，尙未爲一般所採用。

亞勒紐斯又以爲因實際之衝突而非惟接近，即漸次冷卻而近於死滅之天體，若偶然與他星相衝突，則復活其熾熱之狀態；宇宙間之天體，皆依此順序而反覆循環云。然二星衝突之信率，固極少也。

羅挈之流星羣說，以太陽系之始源爲小流星之集團。無數小流星之龐大集團，因內部相互之引力，漸次密集於中央，

中心所成之大集團爲太陽，因各部密度之不同而成之局部的集團爲行星。如此漸次密集，則宇宙引力之勢能，變爲熱而增高溫度，遂至發熱發光。系統初成時，雖右轉左轉，爲極無秩序之運動，後因受相互引力而起之潮汐作用之抵抗，於長年月日之間，遂漸成最安定之同向的運動。是則不必以太陽系爲進化於最初卽有共通運動之星雲（康德及拉普拉斯說），亦可說明其運動特有之三事實矣。雖然，此說亦有其缺點，尙未得一般之信用。

進化論之學說，已略述如上。茲更一言及恆星之進化階梯與其分光景型之關係：輝耀於天空之星辰，驟視之雖皆相同，細察之，則見有放近於青色之白光者，有放黃光及赤光者，此因溫度之異而異其色，其分光景亦隨之不同也。普通恆星之分光景型的分類法，始於哈佛大學天文台，由光度最強者，依次分爲 *O, B, A, F, G, K, M, N* 之八型。*O* 無吸收線而有特殊輝線，*B* 爲氮吸收線之最著者，*A* 爲氫吸收線之最著者，*F* 以下則鈣之吸收線最著，*G, K* 以降則金屬元素之吸收線漸次增加。*O, B, A* 現白色，*F, G, K* 現黃色，*M, N* 現赤色。依學者之推定，則白色星之溫度爲一萬度，黃色星爲六千度，赤色星爲三千度。

分光景型之相異，所以示恆星變遷之階梯，依最近羅掣及拉塞爾⁽¹⁾之主張，則 *B, A* 型雖不顯著，*F* 型以下之星，有密度

(1) Russell

大小之異同，即可區別爲巨星⁽¹⁾及矮星⁽²⁾。巨星之密度極小，其溫度漸次上昇，矮星之密度極大，其溫度漸次下降，而 *O, B, A* 型，則已達其頂點。

就實際言之：恆星初成時，爲密度極小之龐大集團，溫度不高。其後漸次密集於中心而收縮，溫度亦隨之增加，至達一定之極限後，雖繼續收縮，而溫度則漸次減少。各恆星之極限溫度，因個體而不同，質量大者，溫度亦高。即由 *M, K, G, F* (巨星) 至 *B* 後 (亦有更至 *B, O* 者)，則依 *F, G, K, M* (矮星) 之順序而漸次衰弱。凡一切恆星，皆循盈虧之理，由黑闇而進爲光明，更由光明而返於黑闇。吾人現在之太陽，已爲 *G* 型之矮星，即以示其由光明而變遷爲黑闇之階梯。

第五章 宇宙之構造

宇宙之構造，爲天文學上之最大問題，然所謂構造者，固不同於其尋常之語意，不過指星辰在空間之分布狀態而已。最近學者之意見，以爲天空無數之星辰，固非烏合之個體，而爲有秩序之集團。

宇宙之有限無限，爲最初之先決問題。此問題可由種種方面論究之。由最近之研究，學者間多傾向於有限說。第一可由光之問題論究之。今假定空間無光之吸收，凡星之光皆能入於吾人之目；若宇宙爲無限，星辰爲無數，則其光亮，當輝煌

(1) Giant Star (2) Dwarf Star

於滿空。然實際觀之則否，故若非宇宙為有限，則必空間有光線之吸收。而以宇宙為有限，須先斷定空間無光線之吸收；然在今日，有無兩說，皆難決定。以光縱有吸收，但極微少而無大影響者，固亦有之，然即令其無吸收，星體全部亦非全有光輝，故由光之問題，今尚難於斷定。

第二由熱之方面論究之：無限之空間，若有如太陽之無數星體，則空間所有之物體，必皆與太陽為同溫度，此說亦尚多未盡之點。

第三由星數及其光度之關係論究之：天空所見之恆星，光度愈低者，其數愈多。若恆星無極限的分布於天空之各方，則其理論上之增加率，當為 $3.98 \div 4$ ，然實際乃為其以下之值。依栖力革⁽¹⁾之研究，得在銀河之極的方向之值為 3.8，銀河面的方向之值為 3.85；而依卡普廷之研究，則更由此點，齋有限說以有力之結果。此說雖亦視光之吸收如何而略有問題，然足可認為宇宙有限說之一例證。

第四由引力之點論究之：宇宙引力之定律，所以示一切物體皆互相吸引，如此則空間若有無限之恆星，其間必有極大之引力作用，而起極大之運動，然實際之非是，即可謂為宇宙無限之否定。克爾文⁽²⁾曾於 1902 年依次述之假定而研究之。其假定謂：有如太陽之星十億，均齊分布於半徑一千「帕塞克」即三千三百「光年」之球中，而計算其理論上之速度，見其

(1) Seeliger (2) Lord Kelvin

與實際之運動無大差異；故知吾人之宇宙，或即與克爾文之宇宙無大差異。

無論何種學說，懷疑於宇宙之有限者，殆無其人。星在空間之均一的分布，並非連續於無限，達於一定之距離，則其外祇為毫無一物之空間。屬於太陽系之宇宙，亦有一定之界限，因相互間之引力，聚集為永久不離之一團，而各部皆互有關聯。

次述吾人宇宙內之星辰分布狀態。先就銀河言之：七、八、九月之夜間，常見有如雲之帶，橫亘於天空之南北，此為銀河，固盡人皆知；而實際則為一圓形之環，繞於天空。以肉眼觀之，雖似如雲霞，以強度之望遠鏡觀之，則為無數微光恆星之集團。沿銀河方向之平面，稱為銀河面。今觀不屬於銀河之一般恆星在天空之分布狀態，則見其多密集於銀河面之附近，漸遠漸少。至銀河面之兩極，即與之直角之方向，則吾人所見者，其數最少。由此等事實推之，形成宇宙之星體，多分布於銀河面擴展之薄層中。銀河所以視如雲霞，恆星所以視為密集於銀河面之方向者，因於此方向，透見恆星之多數，非恆星皆密集於一處，而為此極偏頗之分布也。倡銀河系說者，古有斯威敦堡⁽¹⁾，嗣有康德、赫瑟爾；綜合古今學者之諸說，殆可認為無復置疑之餘地。

要之，吾人太陽系所屬之宇宙，即能與吾人以物理的影

(1) Swedenborg

響之範圍內的宇宙，略有一定之界限，十億至百億之恆星，擴展三千三百至三萬三千光年於銀河之方向，分布於厚約為其十分之一之扁平空間，成一普通稱為銀河系之永久不離的集團，吾人之太陽，存在於銀河面中央之稍北，不過為其中之九牛一毛的一員。

銀河系星體運動之有二流，主倡於荷蘭之卡普廷，發表於1905年，即為著名之二大星流說。他如士瓦茲細爾德⁽¹⁾之倡為橢圓體狀分布說⁽²⁾者亦有之，然以贊成前說者為多數。二大星流，非謂星體分而為二，運動於相反方向，祇謂約略依二流而運動而已，屬於二星流之星數約略相同，其分布狀態頗為錯綜，其方向平行於銀河面，亦堪注意，至其真意，則尚未理解。

銀河系之形象，其說甚多，最近荷蘭之伊斯吞⁽³⁾倡為渦狀說，贊成者頗有其人，漸以為銀河系或即為天空所見多數渦狀星雲之一。如此則銀河局部之濃淡，及其各處之分枝，皆可說明。如現在距銀河甚遠而有銀河的光亮之馬吉蘭大星雲⁽⁴⁾，漸視為銀河之突出部分。此外有卡普廷之環狀說，為依分光學的分類及光度，距離，以考量恆星之配置及恆星界之分布而得之結論。中央有一若干恆星之環狀配列，吾人之太陽系即屬於此。距此星團之遠距離處，又有極富於恆星之環狀星團，即為銀河，因距離過遠，故肉眼不能明瞭見之。以上所述，為

(1) Schwarzschild (2) Ellipsoidal (3) Easton (4) Magellanic

關於宇宙構造之最近二說。

恆星因其分光景型或其種類(如變光星)之異,或則密集或則均齊分布於銀河面,而異其配列狀態;其中最顯著而最重要者為星雲之分布,如前所述,氣體星雲,雖偏在於銀河之方向,而渦狀星雲則遠離銀河面,而多在近於兩極之方向。依此事實及其所有之連續分光景與極遠之距離推察之,則渦狀星雲,似為一如銀河系的恆星大集團之別一宇宙系。

由上所述,已略知吾人宇宙之極限,形象;然一越此有限境界,則成為全然虛無之空間乎?以吾人之推理力而推察之,則否,必另有如吾人之銀河系者存於其間。前述銀河面兩極所有之渦狀星雲,亦可視為其實證。若更進而想像之,則必又有集合此等銀河系之高級團體的系統如此類推,漸到階級的宇宙系統之思想,即佛教所說之三千世界;此種思想在東洋固不足為奇,而西洋則始於近年,繼其說者,1721年有斯威敦堡,1775年有康德,1761年有蘭伯。⁽¹⁾

自古觀之,吾人之智能,似極進步,即自以地球為世界之時代觀之,吾人現今之宇宙觀,固可謂為有飛騰的進步,已擴張於世外,然若一想及宇宙之極及其極之極,太陽系進化行程之過去的過去,及其未來的未來,吾人又不得不爽然若失:大哲康德固已言之,空間之廣與時間之流,絕不能為人類之正確的認識對象,則吾人又焉能不痛感人類智能之微小乎。

(1) Lambert

第二篇 放射能論⁽¹⁾

第一章 真空放電之研究

二十世紀之理化學，實爲一種革命的科學，其導火線則起於放射能之研究。

十九世紀以來，長足進步之科學，對於宇宙間之實在，如物質，能⁽²⁾，運動及其他種種現象，既有極盡奧秘之觀，而物理學及化學之大綱以定，所餘者不過枝葉末節耳。乃由放射能之研究，遂至全盤顛覆，其功績之偉大，不禁令人驚歎。而前世紀以來所樹立之理化學的根本定律，已難持續其生命，從此以後，吾人又不得不以另一眼光觀察自然。由放射能之研究，發見電子；從來可稱爲構成物質之最小而不可分的單位之原子，更粉碎爲數千微細斷片之電子，物質之構造上，遂別開生面。又因鐳⁽³⁾之發見，而知從前以爲恆久不變之元素中，亦有於自然界中可以蛻變爲他種元素者。凡此種種，無不可以驚倒舊學說之崇信家；然此不過爲吾人對於物質觀，自然觀，革命之第一烽火；此火漸次延燒，將及於自然科學之全體，勢不至焚盡不止。

(1) Radio-activity Theory (2) Energy (3) Radium

由電子說，而知一切物質非成於八十餘種元素之窮極單位，乃成於電子⁽¹⁾及帶陽電之核心二要素之排列組織。理化學的現象，皆可視為電子活動之成果，電，光，化學之種種作用，亦能由此而易於理解。

物質由電子而成，而電子又為電之單位，故電的物質觀倡導於世，而從來之機械的物質觀已為所破壞。電子之質量，因速度而異，故前世紀所謂物理學大綱之質量不變的定律，已不能存在，牛頓力學⁽²⁾，亦缺其絕對妥當性。此種改革，日新月異，然其根基，皆起於放射能及電子之研究，茲先述放射能於此，電子論則俟之後篇。

放射之研究，起一種使人驚倒之革命，而為十九世紀科學者所夢想不及。其經過始於真空放電之研究，及放射性元素之發見，兩兩相俟，乃有今日。茲先述真空放電之現象如次。

空中電光之發生，由於陰陽電之中和，此首先為佛蘭克林⁽³⁾所發見。實驗室內，連結金屬棒於感應圈之兩極而接近之，則發生線狀之火花，其理亦同。若封金屬之兩極於密閉玻璃管內，外結於感應圈而使之放電，則因管內空氣密度之異同，起種種不同之現象。管內放電，需相當之電壓，空氣漸稀，電壓漸減，然至極稀薄時，又須高壓。管內充滿空氣時，空氣為強絕緣體，故非強力電流，不能放電；放電時發生火花，徑路曲折，一如空中之電光。若管內空氣，漸次排除，則抵抗減少，雖低壓電

(1) Electron (2) Newtonian Dynamics (3) Franklin

流，亦能放電。若更稀薄，則空氣中導電媒質之離子⁽¹⁾減少，故反有通過高壓電流之必要。空氣達相當之稀薄程度，則雖通以電流使之放電，亦不成火花，祇於玻璃管內，見美麗之光輝，宛如明暗交錯之鱗狀。陰極之周圍為暗部，次有微光部稱為陰光⁽²⁾，再過暗部，又有稱為陽光⁽³⁾之光部。陽光有數個連續，其色因管內氣體之種類而異，如此之管稱為該斯勒管⁽⁴⁾。

抽去管內空氣，使較該斯勒管更為稀薄，增高電壓，使之放電，則見鱗狀之光，漸減其數，終至消滅，而面於陰極之玻璃管則發生美麗之螢光。如此之管，因其研究者之名，稱為克魯克斯管⁽⁵⁾。克氏以螢光之現象，由於陰極放射線之發生，因名此放射線為陰極線⁽⁶⁾。其性質與普通光線不同。因磁力作用，彎曲其方向，途中置金屬，則生陰影，惟極薄之金屬片始能透過。陰極線為目不能見之物，惟遇發生螢光之物則現出螢光，故得知其存在。途中置以雲母薄片為羽之風車，可使迴轉，又有集中於焦點起熱作用之性質。陰極線異於普通光線之性質，已如上述，克魯克斯就此事實，於1879年發表其研究時，謂普通之光，為能媒波動⁽⁷⁾，陰極線則為實際由陰極飛出之微小物質；其豪膽卓見，實堪欽佩。氏以此為異於普通氣體液體固體之物質三態，故附以物質第四態之名稱，後湯姆孫⁽⁸⁾謂為微粒子⁽⁹⁾，今則通稱電子。

(1) Ion (2) Cathode Glow (3) Positive Glow (4) Geissler Tube

(5) Crookes Tube (6) Cathode Ray (7) Ether (8) Thomson

(9) Corpuscle

次於克魯克斯，對於陰極線有嶄新而重要之研究者，即爲湯姆孫。湯氏以陰極線爲由陰極以高速度射出帶陰電微粒子之流，此微粒子即所謂電子，斯吞涅氏⁽¹⁾於1891年最先以此名之。湯姆孫由此見地，又說明螢光之發生；後於1897年，且測定微粒子所有之電量 e 與其質量 m 之比 $\frac{e}{m}$ ，翌年更單測定電量 e 焉。其方法蓋基於作用於陰極線磁力之強，作用時陰極線之彎曲距離，及陰極線之速度三者，與 $\frac{e}{m}$ 有一定之關係。後經多數學者之測定，雖稍有異同，然大體則皆一致。茲舉其測得之值如次：

$$\frac{e}{m} = 1.76 \times 10^7 \text{ (電磁單位)}$$

$$e = 1.58 \times 10^{-20} \text{ (電磁單位) 或 } 4.773 \times 10^{-10} \text{ (靜電單位)}$$

$$m = 9 \times 10^{-28} \text{ 克}$$

祇舉數字，頗難得其概念，茲舉二三譬喻，說明如次。電子所荷之電量 e ，爲一撫貓背所生電量之幾億分之一，而一秒鐘通過十六燭光電球心線之電量，則爲其三億倍之一億倍。電子之質量爲原子中之最輕者氫原子之一千八百分之一，若與一克之質量相較，則直如砂礫之與地球。電子雖如此微小，而其飛出之速度極大，爲自然界中最速之光速度之十分之一，或竟及其半。由電子之發見，知自然界中有較原子更小的物質之存在，原子不可分之思想爲所打破，遂成物理學界革命之基，於科學史上創一新紀元。後由勒納爾⁽²⁾以特種設備，取出

(1) Johnstone Stoney · (2) P. Lenard

陰極線於管外，名爲勒納爾線。

以真空管放電，於陰極線之外，猶有二種放射線，即陽極線⁽¹⁾及X線⁽²⁾是也。今以穿小孔數個之板爲陰極，則見於陰極線之反對方向，亦出一種放射線，此爲哥爾德斯坦⁽³⁾於1886年所發見，稱爲陽極線或運河線⁽⁴⁾。由其進路，或其因強磁力而彎曲之方向，皆可知其由帶陽電之離子而成。陽極線亦有螢光作用，與陰極線同，而異其色。雖有通過物質之力而頗弱，遠不及陰極線。最近由湯姆孫之研究，已測定其速度及荷電量與質量之比 $\frac{e}{m}$ 等。其速度較陰極線甚小，祇爲光速度之千分之一至五，而質量甚大，殆與原子同其單位。運河線中，又知有氫，氮，氧等原子之陰陽離子存在。

X線即普通熟知之X光線，爲1895年鑾琴⁽⁵⁾所發見而驚倒世人者，即因其名，稱爲鑾琴線或X線。置金屬板於現陰極線處，使之反射，則得X線。其特性爲有能通過物體之力；能通過人體，作用於照相乾板，固人所共知。其螢光作用，亦與前二者相同，惟爲電中性，對於電力磁力，皆不彎曲。由上述各點思之，X線似爲一種能媒波動，與前二者之實際射出物質者不同。最近由其通過結晶時所起基於迴折⁽⁶⁾之現象，確知其類於普通光線，惟其波長較普通光線極短，不過爲其數萬分之一，即 10^{-8} 厘米。蓋X線可視爲陰極線電子急激衝突而止於金屬

(1) Positive Ray

(2) X-Ray

(3) Goldstein

(4) Canal-Ray

(5) Röntgen

(6) Diffraction

板所起之能媒波動。

第二章 放射性元素之發見

真空放電時發生之放射線，皆有螢光作用，已如上述；然則螢光為何？蓋為某種物質感受與之有化學作用之線時，所發生之類似螢磷之光，因以命名。自樂琴氏發見 α 線以來，世界學者為所刺戟，放射線之研究，盛行一時，翌年之諸雜誌中，發表極多。就中以柏克勒爾⁽¹⁾之研究，最與後之研究者以重大影響。氏由放射線皆有螢光作用之點，想其間當有密切關係，疑發生螢光之物質，或皆可以射出放射線，遂研究種種螢光體，而發見鈾⁽²⁾與鉀之化合物發生一種放射線，發表於1896年。此放射線可作用於照相乾板，有螢光作用，可使周圍氣體成電導體，稱之為柏克勒爾線。一般氣體，雖為電之絕緣體，若通以放射線，則氣體原子化為電粒子，遂能傳導電，此謂之電離作用。以驗電器試之，極為銳敏。置充電而開展之金箔驗電器於放射線通路之附近，則電逃散，金箔閉合。物質之發生放射線否，可依此電離作用精確檢知。如鈾之有放射能之元素，謂之放射性元素。

自發見鈾元素有放射能以來，類此之發見，頗叢見疊出。原來鈾之原子量在元素中為最高，後斯密特⁽³⁾與居禮夫人⁽⁴⁾，各

(1) Henri Becquerel

(2) Uranium

(3) G. O. Schmidt

(4) Mme.

別的驗之於第二最高原子量之鈾⁽¹⁾元素，於1898年發見其亦有放射能之性質。同年居禮夫婦又就含鈾之一種礦石名爲瀝青鈾礦⁽²⁾者驗之，知其所發放射線過於其中所含鈾元素所能發之量，於是以化學的方法，分出有顯著的放射能之二種新元素，一因居禮夫婦之祖國名波蘭，故稱爲波羅紐姆⁽³⁾，譯名爲鏷，他則名爲雷雕謨⁽⁴⁾，譯名爲鐳。此二種新放射性元素之中，鐳元素之放射能極大，殆爲鈾元素之二百萬倍。惟瀝青鈾礦中所含極少，欲得鐳元素一克，需要此礦石數噸。柏克勒爾於發見鈾元素後，雖亦嘗試驗其他種種元素，然氏祇試其攝影感光作用，不能如居禮夫人所用電離作用之銳敏，遂不能不讓發見鐳元素之功於他人。雖然，二人皆爲發見放射性元素最有力者，故於1903年，皆於物理學的方面，受諾貝爾⁽⁵⁾獎金，而居禮夫人則於1910年，又於化學的方面，受諾貝爾獎金焉。此後復有若干放射性元素之發見，當述於後節。

上述三元素中，以鐳之作用爲最著，茲略述其一般性質如次。鐳之原子量爲226，極類於鋇。普通多以溴化鐳之化合物取出之，而放射性元素中，實際能分離而取得其純粹者，惟此鐳之一種。鐳元素之量極微，故其價極高，1913年一克之價竟達一萬六千鎊。鐳又爲最劇烈之元素，即不接觸而稍近之，皮膚亦受其毒作用而起疾病。然如上所述，皆非鐳之重要性

(1) Thorium

(2) Pitchblende

(3) Polonium

(4) Radium

(5) Nobel Prize

質。鐳元素於近代科學上，所以有重大之意義者，因其發生三種放射線，及原子崩壞可蛻變為他種元素之性質。又由刺得福德⁽¹⁾之研究，而知鐳元素常發生一種氣體，此蓋為鐳元素蛻變而生者，氏名此氣為放射氣⁽²⁾。

鐳元素所發生之三種放射線，各相當於真空放電之三種放射線，其性質亦同，名為 α 線⁽³⁾， β 線⁽⁴⁾， γ 線⁽⁵⁾。三放射線皆有螢光作用，攝影感光作用，電離作用，及透過薄片物質之力。鐳之有毒，亦不過為此放射線之作用之一。

鐳元素之最顯著的性質，為其放射大熱於周圍空間之作用。然鐳元素自體不見有何等變化，故其作用可視為無限。測其熱量，而知一克一小時所發者，為100 克卡路里⁽⁶⁾，而就最近赫尼喜士密德⁽⁷⁾之精密研究，則又稱為132 克卡路里。由上之測定，則鐳元素於一小時內，可使同量之水由冰點熱至沸點。此放熱作用，與天文學上以甚大之影響，而出種種饒有興趣之學說，至其詳細，當俟之後節。

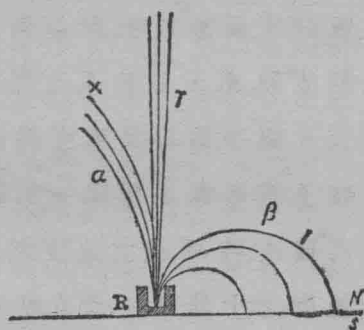
第三章 三種放射線

鐳元素所發之三種放射線，各相當於真空放電時所發之三線，已如上述。究為三種與否，可藉磁力以驗之，極易明瞭。今若以磁力為垂直於紙面，且作用於由外向裏之方向，則如

(1) Ernest Rutherford (2) Emanation (3) α -Ray (4) β -Ray

(5) γ -Ray (6) Gram Calorie (7) Hönigschmidt

第 1 圖所示，鐳元素所發之放射線，分爲三種方向。 α 線稍曲向於左， β 線極曲向於右， γ 線則全不受其影響。故由磁力與電流之方向關係推之，可知 α 線帶陽電，相當於前之陽極線， β 線帶陰電，相當於前之陰極線， γ 線爲電中性，相當於前之 X 線。



第 1 圖

此三種線，由其通過物體之力之強弱，亦可區別之，三者之通過力，極不相同， α 線最弱， γ 線最強。今以 α 線之通過力爲 1，則 β 線之通過力爲 100， γ 線爲 10000。普通通過力之測定，常以通過鋁板或鉛板後其強半減時之板厚，以表其大小。依此方法，則 α 線約爲 0.0005 厘， β 線約爲 0.05 厘， γ 線約爲 8 厘（鋁板）。此等三線，又可以電離作用之強弱而區別之，此與其通過力適相反對， α 線最強，若定爲 10000，則 β 線約 100， γ 線爲 1。

如上所述，此等三放射線，皆可由磁力或電力，彎曲其方向（ γ 線爲例外），通過物體，化空氣爲電粒子，使起電離作用。此外更有攝影感光作用，螢光作用，及其他種種化學作用，與真空放電時所發之線大致相同。然亦有不同之點，茲一一分述於次。

先就 γ 線言之，雖可謂爲與 X 線相同，然其通過物體之力，尤強於 X 線，即通過 11 厘之鉛板或 30 厘之鐵板，猶能感於

驗電計或攝影乾板。此蓋為高速度之 β 線發射時所生之電磁的波動，與 γ 線根本相同。

β 線亦為以高速度射出之微粒子流，與陰極線無異，其微粒子亦與電子為同一物質。然其與陰極線異者，為其非常的高速度。陰極線之速度為每秒 1.5×10^9 至 4.2×10^9 浬，約為光速度之十分之一，而 β 線則為每秒 1×10^{10} 至 2.9×10^{10} 浬，達光速度之二分之一以上，故其力遙強。 β 線微粒子之荷電量及質量之比 $\frac{e}{m}$ ，亦與陰極線相同，可以測定。由此可知 β 粒子亦與陰極線相同，皆為同一之電子，其相異者，惟速度之大小。嚴密言之，即因其速度之異，故質量亦隨之變化，若於靜止時計算之，則兩者全相一致。此種事實，有極重大之意義，然其詳細，當讓之電子論以免混淆。速度之大小，可由磁力作用一見而知，若同為 β 線，則速度大者，彎曲甚小，速度小者，彎曲甚大。

三者之中，以 α 線為最饒興趣之研究對象。此雖相當於真空放電時之陽極線，然陽極線難於研究，不明之點尚多， α 線則較易明瞭，故可以此逆推陽極線之性質。雖然， α 線之通過力極小，即在空氣中，亦不過止於7 浬，故取出研究，仍極困難，較之 β 線，殆已後三四年。

α 線之最著特徵，為其電離作用，較之他二線，強度甚大。亦有攝影感光及螢光諸作用，而尤以觸於硫化鋅時所發之螢光為最顯著。其發光形狀，點點閃爍，與普通螢光之輝亮如炬者不同，故稱燦光。此硫化鋅，以針之尖端壓之，亦能發光，然

由刺得福德之說，則謂觸於 α 線所發者，乃由於化學的作用，而非 α 線粒子衝觸硫化鋅時之機械的作用，克魯克斯曾作一可以明瞭觀察此燦光之機械，即驗電花器，⁽¹⁾此為一種以眼鏡窺視，能放大其形之構造，可見其光輝燦爛，美如天星。

α 線亦因磁電力之作用而彎曲，由其方向，可知其為帶陽電粒子之集合，惟其彎曲極小，殆不可見。刺得福爾於1903年測其彎曲度，而得 α 線之速度，及其荷電量 e 與質量 m 之比 $\frac{e}{m}$ 之值；其速度約為每秒 1.6×10^9 至 2.2×10^8 哩， $\frac{e}{m}$ 之值約為5070。此等數字，因其測定之困難，雖不能謂為準確，然大體當無大差誤。又行測定氫之 $\frac{e}{m}$ 之實驗，而得其值為9654。以此與 α 線之質量比較之，若假定氫之 e 與 α 線之 e 相同，則 α 粒子之質量，當約為氫素原子質量之二倍。今計算之，則如下式：

$$\text{氫：} \quad \frac{e}{m} = 9654 \quad \text{故 } e = 9654 m$$

$$\alpha \text{ 粒子：} \quad \frac{e'}{m'} = 5070 \quad \text{故 } e' = 5070 m'$$

$$\text{但} \quad e = e' \quad \text{故 } 9654 m = 5070 m'$$

$$\text{即} \quad \frac{m}{m'} \doteq \frac{5070}{9654} \doteq \frac{1}{2}$$

此說多為諸學者所採用，惟刺得福德則否定之，而以為兩者之 e ，各不相同。氏於1908年曾行一種計數 α 粒子之實驗，而定 α 粒子之 e 為氫原子之 e 之二倍，以確立己說。依此計算，則 α 粒子之質量，當約為氫原子量之四倍。原來氫之原子量為氫

(1) Spinthariscopes

原子量之四倍，故易使人認 α 粒子與氦為同一物質，後又有學者見放射性元素實際常放射氦，故上所述者已成為無可置疑之事實。即放射性元素，常同時發射電子與氦原子。

刺得福德氏成功於一一計數 α 粒子之實驗，實為一種極饒興趣而極有意義之事件，今略述之如次。原來原子之為物，祇為一種假定的實在，除間接的事實外，別無證據。由刺氏之實驗，竟得知其存在，其功績之偉大，極堪贊歎，且能一一數之，其緻密可知。

所用設備，約略如次：連接裝有錫之玻璃管於較小之電離室，其間開極微細之小孔（例如可以通過由錫飛出 α 粒子百億之孔），使玻璃管之 α 粒子飛入電離室。氏實驗時，用一分鐘可以飛入十個之設備，肉眼固不可得見，應用其電離作用，可以檢知，使電離室成真空，通以極強之陰電，則雖祇有一個 α 粒子之進入，驗電計亦能銳敏感得，計數其感動次數，則知進入 α 粒子之個數，因之荷電量 e 亦可測定。

α 粒子，又可由燦光作用而知其存在，即塗硫化鋅於電離室壁 α 線觸之，則發燦光，檢其回數，亦得與前相同之結果。

用霧之生成原理以實驗者亦有之。蓋霧以浮游於空中之塵埃粒子為核，附以水蒸汽而成水滴，若空中無塵埃，則水蒸汽雖過飽和，亦不生霧。⁽¹⁾威爾遜於湯姆孫之實驗室，測定負電量時，即應用此理，先以 α 粒子為核而作成水滴，然後以光

(1) Wilson

線照之，而取其進路之攝影。此法最初先用於測定 β 粒子之電子之荷電量，此時之核，用電子以代 α 粒子。由水滴落下之速度，可知其大小，以其大除過飽和之水量，可知水滴即電子之數，以其數除全體之電量，可知一個電子之荷電量。1911年密力康⁽¹⁾又用油以代水而實驗，得極正確之數值。一秒鐘由鐳元素飛出之 α 粒子之數，可由刺得福德之實驗計算得之，即純粹鐳一克，一秒鐘所放射之 α 粒子為 34×10^{10} ，即三百四十億。

由上述種種方法，已測定 α 粒子之質量與氮原子之質量相同，然兩者是否即為同物，則由1903年拉姆則⁽²⁾所發表鐳射氣⁽³⁾發出氮之事實，及1909年刺得福德之證明，已告解決。裝鐳射氣於極薄（即 α 線漸能飛出而在真空中不至破壞之厚，約為百分之一耗）之玻璃管，而置於真空中以檢之。最初之真空中固無一物，至 α 線射入，則漸見氮之存在，驗之分光景，可以明瞭。而所生氮之量，與由實驗計算而得之值，即應飛出 α 粒子之數之原子量相同。此即明示 α 線由氮原子而成。1910年居禮夫人又報告由鐳發出氮，則上述事實，更無置疑之餘地。

放射性物質之種種化學作用，皆 α 線之所為，例如以 α 線觸於水，則分解其組成而發生過量氧，此蓋因生成二氧化二氧之故。 α 線又可使空氣中之養氣變為臭養氣⁽⁴⁾，而其最可驚

(1) Millikan (2) Ramsay (3) Radium Emanation (4) Ozone

駭之作用，則爲有使一元素變爲他元素之能力。

氦爲一種頗饒興趣之元素，當地球上未發見之前，已先發見於太陽。亥力奧⁽¹⁾爲太陽之意，故亥琉謨⁽²⁾即氦可譯爲太陽素。檢太陽之分光景，見有 D_3 之吸收線，相當於此之元素，地球上尙無其物，故於1868年祇假定其爲亥琉謨。後年拉姆則驗其加熱礦石時所生氣體之分光景，見有相當於 D_3 之物質，乃知地球上亦有其存在，此奇特之元素，即由鐳發射之 α 線。

放射性體所發出之放射線，於上述 α 、 β 、 γ 之外，又知有一種 δ 線。此與 α 線相伴而出，普通多認爲速度極遲之 β 線，每秒約爲 10^8 裡。關於 δ 線之性質，尙多未知，有謂爲元素之原子破壞，射出帶陽電之 α 粒子時，同時所出之帶陰電之線者，有謂爲 α 線衝突於近傍原子，起電離作用時所出者，其說不一。

第四章 放射性元素之崩壞

放射性元素，常以 α 線、 β 線發射氦原子及電子，則其自體不能無所變化。此種想像，現已實際證明。即放射性元素，常發出放射線而蛻變爲他種元素。此種事實，於物理學思想上，極有意義。在已經確立之今日，固無足異。然當電子初發見時，從來所認爲不可分之原子，又能分爲更小之微粒，以前所以爲不變之元素，更可蛻變爲他物，當時之驚奇，實不可以言喻。

(1) Helio (2) Helium

關於元素崩壞之實驗，殆由克魯克斯及刺得福德，同時行之，茲先述前者如次。

克魯克斯於1900年，研究鈾元素，始知放射性體於崩壞時發出放射線。逆言之，即發出放射線而蛻變為他元素。此重大事實，發見於由鈾鹽類抽取純鈾之實驗。加碳酸銦於鈾鹽，則生氫氧化鈾之沈澱，若再加過量之碳酸銦，則沈澱物又復溶解。雖然，此時並非全部溶解，猶有殘留之不純物。氏取而驗之，知其放射 β 線，即命名為鈾⁽¹⁾ X （未定變質鈾），而已溶解之鈾，則反無 β 線之放射。更繼續觀察，見原來之鈾，又恢復其 β 線之放射能，至二十五日，恢復其半，而鈾 X 則減少其半。數閱月後，鈾 X 之 β 線放射能全失，鈾則完全恢復。依上之方法，仍可由已恢復 β 線放射能之鈾鹽，取得鈾 X ，若取去鈾 X ，則鈾又全失其 β 線之放射能。由上之觀察，不能不認為鈾元素可以生鈾 X 。

後又檢驗鈾是否放射 α 線（克氏祇以感光板驗 β 線之作用），而知不論取去鈾 X 與否，常見有 α 線之放射。由此推之，最初之鈾元素，為祇放射 α 線之純粹鈾及放射 β 線之鈾 X 之混合物，前者可以生成後者。然鈾 X 之發生與 α 線之放射，其間不能無一定關係，即鈾元素必常放射 α 線而蛻變為鈾 X 。逆言之，即鈾元素崩壞而蛻變為鈾 X 時，常放射 α 線。鈾 X 亦常放射 β 線而蛻變為其次之生成物。普通鈾元素所以放射 α 、 β 兩線者，因放射 α 線之純粹鈾及由其一部蛻變而成之放射

(1) Uranium X

β 線之鈾^x，常相隨伴故也。以上所述，即為原子崩壞說之大要。

鈾元素崩壞，發出放射線而蛻變為他元素之鈾^x，而鈾^x又為同樣的蛻變之現象，於釷元素，鐳元素亦得見之，蓋原子崩壞，為放射性元素之特有性。

鐳元素於放射三種放射線之外，又發生一種氣體，已於1900年為刺得福德所發見而命名為鐳射氣，此為研究感應放射能之現象時所知者。置紙或玻璃於裝有鐳之器中，片時之後取出之，則紙或玻璃皆具有放射能，稱為感應放射能。此時之紙或玻璃之遠近，不影響於其放射能之程度。若置紙或玻璃於器外，則雖感受放射線之種種作用，而不起感應放射能。由此推之，感應放射，不能不由於三種放射線以外之作用，詳細研究，乃知有氣體之發生。

後刺得福德與索狄⁽¹⁾氏繼續研究，遂於1903年由其發見，倡為有名之原子崩壞說⁽²⁾。其說謂放射性元素之原子量皆大(200以上)，故其構造，極為複雜。一般原子，雖即加熱，通電或因化學作用，亦不能破壞，然構造複雜之大原子，則組成不能安定，自必易於崩裂。放射線者，不過為崩裂時所生之斷片，以高速度而射出者。斷片射出後所殘餘之物，稱為變成物，鐳元素時，此變成物即為鐳射氣。放射性元素常發生極大之熱，此蓋因元素內部所蓄積莫大之能，於崩壞時放散而為熱也。對於

(1) Soddy (2) Disintegration Theory of Atom

此說之反對者，現已絕無其人。

鐳元素崩壞，則成鐳射氣，然其崩壞猶不止此，此氣體發出放射線而生鐳⁽¹⁾A (第一變質鐳)，鐳^A 又崩壞而生鐳⁽²⁾B，(第二變質鐳)，順次蛻變，以至於不可崩壞之元素。此所謂最後不變之元素，亦非絕對不再崩裂，不過進行極緩，徐徐蛻變，外觀似乎不變而已。

研究元素蛻變所用之術語，茲先略加解釋如下：鈾^X 於二十五日後則半減其放射能，已如前述。凡放射性物質半減其放射能之期間，謂之半減期⁽³⁾。半減期短，則蛻變迅速，蛻變愈速，放射線愈盛。以 0.69315 除半減期之值，即放射能減衰至初值之百分之三十七之期間，謂之平均壽命⁽⁴⁾。種種放射性體之半減期及平均壽命，已測定者甚多，長者數千年，短者一二分鐘，極不相同。觀乎此，可知放射性物質，一如生物之有一定壽命。其各種數值，揭於後節。

今以半減期為 P ，平均壽命為 L ，則其關係如下：

$$P = L \times 0.69315$$

以 λ 代平均壽命之逆數 $\frac{1}{L}$ ，稱為蛻變常數⁽⁵⁾。半減期或平均壽命之值愈大，蛻變速度愈遲，蛻變常數愈大，蛻變之速度愈速。蛻變常數因物質而異其值，鈾^X 為 0.0282，鐳射氣為 0.180 (以上說明，與實際相反，蓋若最初元素之 n_0 個原子，於 t 時間後，

(1) Radium A (2) Radium B (3) Half Value Period (4) Mean-Life

(5) Constant of Decay or Transformation Constant

減為 n_1 個，則成立 $n_1 = n_0 e^{-\lambda t}$ 之式，此 λ 之值，因物質而有一定，謂之蛻變常數， $\frac{1}{\lambda}$ 則稱為平均壽命）。

各元素之蛻變常數，不能因壓力溫度，或與他物質之化合而稍有變化，即其蛻變速度，無論在如何狀態，始終如一，由此可知放射性元素之原子崩壞，異於一般之化學作用，即其崩裂蛻變，不藉外力，而放出之熱能，亦遠較一般化學作用時為多。

以上所述，皆為其單一蛻變，實則如鐳元素生鐳射氣時，鐳射氣即生鐳^A，當甲乙蛻變之際，乙丙亦已蛻變，鐳之鹽類，即為此等蛻變物之混合體。

今就鐳元素生鐳射氣時言之：初雖鐳射氣之量漸次增加，然生成物又漸次蛻變為鐳^A，故達一定之極大值後，反漸見減少。然如甲之蛻變速度極遲，則有時其量可認為不變。甲生乙之速度，既有一定，其量固應漸次增加，然至乙之生成速度與減少速度相等時，其量則成一定，甲乙之比，常為一定之值，此狀態稱為放射平衡⁽¹⁾。然此平衡之語，與化學上可逆反應時之平衡，完全不同，不能混淆。當放射平衡時，元素之量雖有極簡單之關係，然若非平衡，則甲乙丙等，量與時間之關係極為複雜，難於計算。

鐳之單位，茲亦略述如次：鐳之研究漸盛，試驗測定者極多，然皆人異其值，故不能不定一種標準原器，1910年開萬國

(1) Radio-active Equilibrium

鐳會議於比利時之伯拉舍爾⁽¹⁾，採用居禮夫人所作極純粹之氯化鐳0.02199克爲鐳原器，更準此作副原器，而頒於各國。比較鐳試料於原器時，以兩者所發之 γ 線對於 γ 線電計放電之強以定之。

鐳射氣亦可以同法測定之。此會議所定者，以與鐳一克在放射平衡時之鐳射氣量爲一居⁽²⁾，其千分之一爲庇⁽³⁾。鐳之量極微時，用 γ 線頗難測定，此時則以所共存之鐳射氣量比較之。若較居之量極微時，常用馬赫⁽⁴⁾所提出之馬單位，一馬爲一居之 2.75×10^9 分之一。

第五章 放射性元素之系統

鈾釷等元素，爲未發見放射能以前所已知者，鐳鐳等則皆爲新發見。自此以後，各方面爲所刺戟，盛行探究，發見頗多。1899年，得比楞之錒⁽⁵⁾⁽⁶⁾，1902年基則爾之厄馬紐姆性似錒。又馬克瓦爾德之放射變質碲⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾，1900年荷夫曼及司特老司之放射變質鉛⁽¹¹⁾⁽¹²⁾，1907年波爾特武德及馬克瓦爾德與岐特曼二人各別發見之鏷⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾皆是也。然由後來之研究，而知此等放射性元素，非皆各別獨立之物，乃由數種元素順次蛻變而成，多能歸屬於數個系統中。現今所認爲獨立之系統，約有五種，種種放射

- (1) Brussels (2) Curie (3) Milli-curie (4) Mache (5) Debierne
 (6) Actinium (7) Giesel (8) Emanium (9) Marekwald (10) Radio-Tellurium
 (11) Hoffmann (12) Straus (13) Radio-Lead (14) Boltwood
 (15) Keetmann (16) Ionium

性元素,皆可歸納於其中,即鈾,釷,錒,錒,釷之五系是也。然最近又知前三者似皆屬於一系統,即由鈾生釷,由釷生錒,故相異之系統,祇餘三種。

各系之蛻變,其際所生放射線之種類,及其半減期平均壽命等,可觀下列各表而知之。

鈾 系

元 素	原 子 量	半 減 期	放 射 線
鈾 ¹	238	5×10 ⁹ 年	α
↓ (鈾 ^Y)	(234)	(1.5 日)	(β)
↓ 鈾 ^{X₁}	234	24.6 日	β, γ
↓ 鈾 ^{X₂}	234	1.1 分	β, γ
↓ 鈾 ²	234	3×10 ⁶ 年?	α
↓ 釷	230	2×10 ⁵ 年?	α
↓ 錒	226	2000 年	α

茲先述鈾系之蛻變如次,由鈾生鈾^X,前已言之,然詳細檢察,兩者又各有二種,而為其混合物,今各命名為1,2,鈾¹鈾²之化學的性質全同,惟放射線之到達距離略異,可以區別,鈾¹為2.37 釐,鈾²為2.75 釐,鈾^{X₁}及鈾^{X₂}其性質殆完全相同,四者之蛻變順序,可視為



茲有一種奇特之物，即鈾⁽¹⁾是。1911年安托諾夫⁽²⁾由鈾元素取除鈾^X，以檢其 β 線時，見有形狀稍異之物，以直接發生於鈾元素，因名之爲鈾^Y，即鈾⁽³⁾蛻變時，其百分之92成爲鈾^X，餘百分之8則成爲鈾^Y。又有推測鈾^Y，經他種變生物可以成爲錒元素者，然尙不明確。

鈾元素之最後變生物爲何？爲一極有興味之問題，今則略可確定其必爲錒。原來含鈾之礦石，無不含錒，而含量之比亦略有一定，在於放射平衡之狀態，即其比爲鈾1克對錒之 3.4×10^{-7} 克。又索狄氏由1903年以來之觀測，實見鈾之發生錒射氣，則錒爲鈾之最後變生物，似無疑義。然其蛻變也，猶非直接，其間有中間變體如釷者存焉。此等事實，雖由上述諸學者之力，已略明瞭，然似尙無明確之決定。

觀於上表，錒之半減期，不過爲二千年之短時日，若與地球開闢以來之數億萬年相較，則地上應已無錒之存在，今由其殘留之事實推之，則由鈾元素蛻變而成之說，不爲無理。

錒系之蛻變，可觀次表而知之，茲擇其大要，略述如下。錒之純者一克，一秒鐘放射之 α 粒子數爲 3.4×10^{10} ，已如前述。驟視之雖似極多，然錒一克之原子數爲 275×10^{19} ，即以一個原子崩壞時，祇放射 α 粒子一個，前述之數，仍極微少，故知實際一秒鐘崩壞之原子，不過其中幾億分之一，測得此數，即可知其半減期之值。

(1) Uranium Y (2) Antonoff (3) Uranium I

鐳 系

元 素	原 子 量	半 減 期	放 射 線
鐳	(前	表 參	照)
↓ 鐳 ^X	(前	表 參	照)
↓ 釷	(前	表 參	照)
↓ 鐳	226	2000 年	α
↓ 鐳射氣	222	3.85 日	α
↓ 鐳 ^A	218	3 分	α
↓ 鐳 ^B	214	26.8 分	β, γ
↓ 鐳 ^C	214	19.5 分	α, β, γ
↓ (鐳 ^{C₂})	210?	1.4 分	β
↓ 鐳 ^D	210	16.5 年	緩慢之 β
↓ 鐳 ^E	210	5 日	β, γ
↓ 鐳 ^F	210	136 日	α
↓ 鐳 ^G	206?		

鐳中之鐳射氣，為惟一之氣體物質，可以通用普通氣體之諸定律， -62°C . 至 -65°C . 時為液體， -158°C . 時，則成固體。此元素之原子量，為一極有趣之研究對象。鐳之一原子(原子量 225.95)射出 α 粒子(即氦原子，原子量 4)一個，而成鐳射氣一原子，故由理論計算，鐳射氣之原子量應為 $225.95 - 4 = 221.95$ 。此理論之真否，可與實際測定者，比較而知。得比楞所得之結果為 220，拉姆則 及 格雷⁽¹⁾ 所精密測定者為 223，一二之差，可認為誤測，上述理論，略近正確。

(1) Gray

鐳及鐳射氣各現特有之分光景,由此可知鐳射氣為異於鐳之獨立元素,其壽命甚短,發出 α 線而蛻變為鐳^A.因發射 α 線故生成氦,此為1903年拉姆則及索狄所證明者.此時常發生熱及光或 α 線等極大之能,其一居一小時所發生之熱量約為109克卡.

鐳射氣順次蛻變為鐳^A 鐳^B 鐳^C等,皆為理論實際相一致之事實.由鐳^C蛻變為鐳^D時,同時又生鐳^{C₂},與鈾^Y相同,此種分歧法雖甚有趣味,然其詳細,尚不明確.鐳^D初祇疑其有放射能,後始知其發射極遲緩之 β 線,化學上之性質,頗類於鉛.鐳^D更蛻變而為鐳^E 鐳^F,此鐳^F即居禮夫人與鐳同時發見之鐳.

然則鐳^F所蛻變而生之最後變成物為何?鐳^F雖為鐳系最後之元素,然仍放射 α 線即氦原子,而漸次變化,鐳^F之原子量為210,其變成之原子量必為206.有與此最相近之原子量者,惟鉛之207.1,此外含鈾之礦石,亦常伴以鉛,而兩者之比,略有一定.此等事實,可為推定鐳之最後變成物為鉛之資料.

錒系及釷系之放射性體,概與鈾系鐳系相似,茲列表如下.

錒 系

元 素	原 子 量	半 減 期	放 射 線
錒	A (230?)	?	無
↓ 放射變質錒	A	19.5 日	α, β
↓ 錒 ^X	A - 4	10.2 日	α

元 素	原 子 量	半 減 期	放 射 線
↓ 錒射氣	A - 8	3.9 秒	α
↓ 錒 ^A	A - 12	0.002 秒	α
↓ 錒 ^B	A - 16	36.1 分	遲緩之 β
↓ 錒 ^C	A - 16	2.15 分	α
↓ 錒 ^D	A - 20	4.71 分	β, γ

鈾 系

元 素	原 子 量	半 減 期	放 射 線
鈾	232	1.3×10^{10} 年	α
↓ 甲種新變質鈾	228	5.5 年	無
↓ 乙種新變質鈾	228	6.2 時	β, γ
↓ 放射變質鈾	228	2 年	α
↓ 鈾 ^X	224	3.65 日	α
↓ 鈾射氣	220	54 秒	α
↓ 鈾 ^A	216	0.14 秒	α
↓ 鈾 ^B	212	10.6 時	β, γ
↓ 鈾 ^C	212	60 分	α, β
↓ β 鈾 ^{C₂}	212	極短?	α
↓ 鈾 ^D	208	3.1 分	β, γ

比較上列之三系統，類似之點頗多，各系統皆有放射氣之氣體元素，而由此蛻變而生之鐳^A、鈾^A、錒^A，皆放射線 α ，且為極短命之元素。其次之B皆放射 β 線，壽命較長，C則蛻變複

雜，發出數種放射線而生元素二種，放射氣之母體鐳^X及錒^X之化學上的性質皆相似，惟他二系中，無相當於鐳^D鐳^E者，其餘各點，則類似處較少，

放射性元素之原子量，每於放出 α 線時，減少相當於氦原子量之數值，此固理論事實皆相符合，然放出 β 線時則如何？ β 線由帶陰電之電子而成，放出之後，其元素之荷電量及化學的性質，當必有所變化，惟電子極為微小，故其質量之變化，不能現於測定之結果，所謂同位元素⁽¹⁾及異位元素⁽²⁾之性質，則可以此說明之。放射性元素中多有化學的性質相同，按之一般定義，當然應為同一元素，而乃異其母體異其質量，又不能不作為另一元素者，此種相似元素，稱為同位元素，否則稱為異位元素，兩者之中，皆同質量者有之，異質量者亦有之，同質量者為同位元素，異質量者為異位元素，固所當然。若交相錯綜，則頗費解釋，惟以前述之 β 線即電子之作用，可以說明，質量雖同，因電子之多少，性質自異，質量雖異，因電子之關係，性質亦可相同。

重要之放射性元素，已如上述，其他元素則如何？鉀固不能認為放射性元素，然亦有極微弱之放射能，此為坎柏爾⁽³⁾及翁里奧⁽⁴⁾等所實驗而知者，放射線為 β 線，其力極弱，較之同重之鈾，不過為其千分之一，鈷⁽⁵⁾亦放射 β 線，其能力較鉀尤弱，此

(1) Isotope

(2) Heterotops

(3) Campbell

(4) Henriot

(5) Rubidium

種元素放出 β 線後，變爲何物，現尙不明，而實際果有放射能與否，亦頗難檢驗，惟此二元素之放射能，似近確實。

放射能祇爲上述各元素之特性乎？抑爲凡百元素之通性乎？矚視之雖爲無放射而安定之元素，然焉知非因其崩壞緩慢，爲吾人眼力所不能察覺，而目爲永久不變的物質乎？關於此點，不過祇爲一種想像推測，今固無斷定的論據，其解決確定，不能不俟之將來之研究。然因此推測，遂引起一種無機界進化之觀念，即構成宇宙物體之諸元素，皆徐徐崩壞變質，由重者蛻變爲輕者，由原子量之大者，蛻變爲原子量之小者，而非永久不變。

果如上述，凡百元素皆由重變輕，則由太初迄今，宇宙間之重元素，當皆已崩壞盡淨，祇餘輕元素之存在。然實際非也，是則如何？此可以羅挈之研究說明之：地球上無機物之蛻變，固由重而輕，然試觀存於宇宙間之他種天體，則見有與此相逆而進化者。檢視星體之分光景，見溫度最高者，以氫，氦等簡單之輕元素爲主，溫度低者，漸現氧，氮，碳等元素之存在，溫度更低，則現金屬。天體若由高溫漸次冷凝而成低溫，則上述事實，豈非示存於其內元素之進化順序？羅挈之說明如是，其理由以爲高溫（二萬度上下）狀態時，物質不易成複雜之構造，漸次冷卻，則構造複雜之元素漸多，且能安全存在。觀於此說，可知宇宙物質，常由重而輕由輕而重，逆相蛻變，反覆不已。

高溫之星，其分光景皆不完全，亦堪注意。此蓋因溫度過

高,元素在一種解離狀態,若以電子論言之,即因元素中不能保存其固有之電子所致,現於分光景之線條,原由構成元素之電子振動而成,電子數之不足,當然影響於分光景,此亦可為元素變質之一證據。

自然界中元素之蛻變,已為世人所確認,然自然力以外之人力則如何?若得自然之秘密,豈不能使一元素自由變化為他元素乎?此為古今之一種實際的問題,中世紀盛行之鍊金術,即其一例,苟能發見自然之秘密,必能使物質自由變化,此固為鍊金術者所依之信條,而黃金之慾,亦與有力焉,古昔鍊金之夢,雖未成功而終,而二十世紀之學者,則欲努力以實現之,其亦趣極矣。

其中之最可信者為拉姆則及刺得福德之實驗拉姆則以鐳射氣作用於種種物質,欲藉其浩然發射之 α 粒子之衝擊力,以破壞元素,氏所用者為硫酸銅溶液,作用於鐳射氣,而生鋰及氫,又由他種物質而生氧及碳等,此等事實,否定者亦尚有之,故其解決,仍不能不俟之將來。

後於1913年科利⁽¹⁾及帕忒孫⁽²⁾用陰極線實驗之,亦謂得同樣之成功,而最近之最有興味者,則為刺得福德之報告,其於1916年所發表之論文,謂以 α 線衝突於氮原子,則能破壞之而排出氫原子,由前說推之,此等結果,固無足驚奇,其解決確定,將來必有其時也。

(1) Collie (2) Patterson

第六章 放射能與地質學,天文學,醫學之關係

放射能之大要,已如上述,茲更略述其應用,以示其與地質學,天文學及醫學等之關係。

由放射能研究而起之問題爲地球之年齡,地球年齡之決定,頗饒興趣,且有重要之意義,地殼成生以來,地球已經過若干歲月(即地球之年齡若干),頗爲學者間之難題,其解決方法,有種種理論,大別之可分爲地質學的及物理學的二者,由物理學上解釋此問題者爲克爾文⁽¹⁾,於1862年發表論文二篇,氏就地球兩極扁平即其直徑較赤道短26.7哩之事實,根據星雲說,力學的計算地球最初之自轉速度,更由自轉週期一世紀間延長二十二秒之事實,以與現在之自轉速度相比較,而得十億年之數字,氏又由地球之冷卻率推論之,以地球中心之溫度爲 $3\text{e}70^{\circ}\text{C}$.測定岩石之傳導率及地下漸深溫度漸增之增溫率而計算之,其結果約爲二千萬年,以上所述,爲最初之論文,其後者則着想於太陽熱之方面。

克爾文之研究,在當時雖有一種特色,然自放射性物質發見以來,其根本漸至動搖,氏之計算,根據於地球漸次冷卻之觀念,實則未必如此,蓋放射性元素,常放射極大之熱能,若錒元素能以現存於地面之比例,存在於地下二十哩之深處,則其放射之熱量,可以補現在地球向空間所失之熱量而有

(1) Lord Kelvin

餘。如此則地球溫度，反漸上昇，而1906年斯特刺特⁽¹⁾測定各種岩石中所含錒之量，亦漸傾於此說。氏又計算最古地層之岩石中所含鈾及放射性元素系統之最後生成物鉛之比量，而定其岩石之年齡，得九億二千五百萬年以上之結果，此蓋由一克鈾一年間生鉛1.22克之百億分之一之比例而計算者。拉塞爾⁽²⁾依同理所得之值為八十億年，此或為一種最大之極限值。由放射能求得之值，皆較其他各值為大。

地質學者雖由海水中鹽之含量，或沈澱於海底土砂之量等地質學的方面計算之，然其所根據之事實，未必毫無錯誤，今則此問題多有待於物理學者，尤不能不加以放射能之理論。由放射能之研究而得之地球年齡中，以二十億年前後者或近正確。

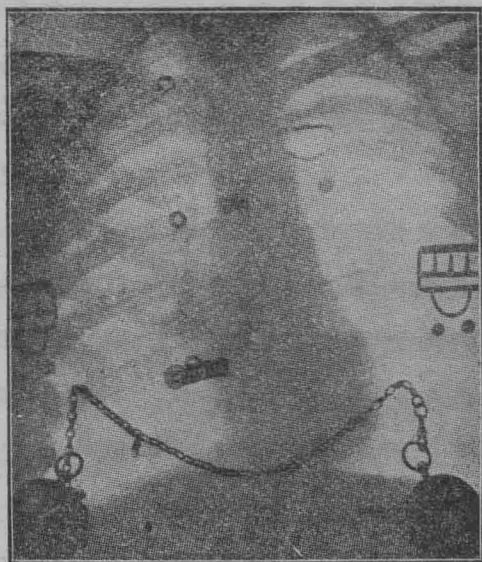
放射能之研究，與計算地球年齡上以一大改革，既如上述，其於他種天體之年齡或放熱，亦較從來之見解，別開生面。太陽之放熱，從來祇歸於自體之收縮及落於太陽面流星之作用，今則又可認為放射性物質之放熱。

從來之說，以為凡百天體，皆漸次冷卻，終於死滅，若不與他種天體偶然衝突，絕無恢復其原始的白熱狀態之時機。然放射性體，既常放射極大之熱量，則雖已生外殼之天體，為防其內部放射性體之放熱作用，或又漸次增高溫度，遂熔融而還其白熱狀態，亦未可知。而以宇宙天體為熔者固之，固者熔

(1) Strutt (2) Russell

之,反覆循環,變換不已者,亦頗有其人。

放射能之最實用的性質為醫學上之應用。



第 2 圖

X 線即樂琴線之應用於醫術,固人所共知,以 X 線射於身體而攝其影,即外面所不能見之內部狀態,亦可明瞭觀察。如第 2 圖所示,此為其物體通過力及攝影板感光之應用,以之診察骨折,肺患及其他外面所不能見之內部狀態,極為便利。

鐳有益於人體,人多稱之,故種種療養物,療養器等,多冠以雷雕謨之名,而溫泉中鐳之多寡,尤為一般所稱道。鐳之有益於人體,似為事實,而其理由,則尚不明瞭,然鐳為一種特異

之元素常放極大之熱能，由此思之，亦不能強謂爲無理。溫泉對於人體之效能，由於其中含有之鹽類，及放射性物質之存在，即幾同於淡水之溫泉，亦能示醫療上之效能者，蓋即因有鐳之存在。

今更有用鐳以直接治療疾病者：多用於皮膚表面之狼瘡，表皮癌或身體內部之癌及肉腫等外科的療法。三種放射線中， α 線可作用於表面，破壞病竈， β 線， γ 線可達於深層組織，崩潰病的細胞，破壞細胞核，使之分裂增殖，無再生之餘地。對於癌之治療，雖稱爲極有偉效，然醫術上之研究，不過初能就緒，將來之大成，猶須俟諸異日也。

第三篇 電子論⁽¹⁾

第一章 分子及原子

由放射能之研究發見電子以來，吾人對於自然之觀察，大有所啓發。物體之成因構造，解釋既異於前，即電、磁之本質，亦可以電子而解決之。物質與電之關係，漸趨密切，拋棄風靡於前世紀之機械的物質觀⁽²⁾，建立所謂電的物質觀⁽³⁾，而從前以爲完美無缺之牛頓力學，已失其理論的絕對的價值。今欲逐次略述其經過，茲先述關於物質構造之學說。

研究自然之方法有二：一爲綜合的，例如動植物之分類法，集相似之種而爲目，合相似之目而爲科，審其通性，察其所近，捨小異而就大同，由條目而定綱領者是；一爲分析的，此與前者相反，條分縷析，漸次入微，如研究原子、分子、電子等物質之構造時，所用之方法是綜合的方法所研究之題材，漸次趨於極大，分析的方法所研究之題材，則漸次趨於極小。然則可以爲吾人現在經驗的認識對象之極大極小單位，究達如何程度？頗有足以使世人驚異者。現在吾人所能知之最小單位，

(1) Electron Theory

(2) Mechanical View of Matter

(3) Electrical

View of Matter

爲電子之一耗之一兆分之一，最大單位爲由地球至渦狀星雲之距離一萬光年以上，而兩者之比爲一與一億之四次自乘積強之比。

物質之構造，先成於分子及原子，茲略說明之，然後再及於電子。物理學上所認爲實際存在於宇宙間者，可大別之爲物質及能之二種：凡占有空間者，無論其爲空氣，爲砂土，爲植物，爲動物，爲有機物，爲無機物，皆冠以普遍的綜括的物質之名；而能則爲使物質變化或引起運動等原動力之普遍的概念。

物質之如何構造，頗爲古代哲學者及科學者之難題；而其觀察，則有二種：一以爲物質有連續的構造，可以由大而細，逐次分析而至於零；然觀之物質之種種性質及其所示之現象，此種連續觀，實無成立之餘地；一以物質爲一種不可分的單位之集合體，即人工的分割物質，最後達一種不可再分的單位之原子，現今物理學及化學上之事實，無一不可以證明此說之成立。此種原子觀，固非始於近世，往古希臘時代，早已有其萌芽，德謨克利圖氏，即其代表的主論者；惟此時之思想，祇爲思惟之產物，與近世以實驗爲基礎之原子說，固不可同日而語。近世之學說，以1801年道爾頓之原子說，及1811年亞佛加德羅之分子說，開其端緒。

存在於宇宙間之物質，固森羅萬象，無奇不有，然細分析

(1) Matter (2) Atom (3) Democritus (4) Dalton (5) Avogadro

之，則形成物質之基礎的成分，種類極少，此即化學上之所謂元素，現今所已知者，不過九十餘種。宇宙間千變萬化之物質，皆由此等元素組成，其成於單獨一種元素者固亦有之，然大多數則皆成於二種以上，而極其變化，一如黃青赤三色，可以成無限的色之配合，元素各有其特性，不能更分為簡單之成分，然自電子發見以來，此定義亦漸呈不安之狀態，祇由一元素而成之物質，稱為單質，由二元素以上而成之均質物質稱為化合物，例如銅為由銅元素而成之單質，食鹽為氯鈉二元素結合而成之化合物。

元素之為物，已如上述。分子及原子則如何？取純粹之食鹽觀之，無論何部皆成食鹽之性質，若機械的漸次細分，必達一種境地，再一分析，則失其食鹽之性質，此最後之物，稱為食鹽之分子，非惟食鹽，一切物質莫不如此，例如銅之單質，或脂肪蛋白質等之有機的複雜化合物，皆以其特有之分子⁽¹⁾為保持其特性之最後單位。

雖既為分子，若不顧其特有性質，可更分為微小的物質，此項分得之最後單位稱為原子，此時之分子，就性質上言，可謂之分析為成分要素之元素；就量之方面言，可謂之分析為原子，元素為物質之化學性質上的單位，原子為有此性質之質量上的單位，一元素固成於同種類之原子，原子之種類亦與元素之種類同數，分子多由二個以上之原子結合而成，例

(1) Molecule

如食鹽之一分子由氯之一原子及鈉之一原子化合而成。如金屬分子之成於一個原子者，其例極少。普通之原子皆結合同種或異種者二個以上而為分子，以成單質或化合物。當電子未發見以前，原子皆認為物質之最終的要素。

以物質由原子而成，而立近代之原子說者為道爾頓氏；氏檢驗一切化合物之成分元素，見其重量之比常有一定，即二元素以上結合為一化合物時，其元素常以全同的一定重量之比相化合，此謂之定比例之定律。⁽¹⁾又若二種元素結合而成二種以上之化合物時，與一定量之甲元素相化合之乙元素之重量之比常為簡單之整數。例如碳與氧化合而為一氧化碳時，其重量之比為 12:16，兩者化合而生二氧化碳時，其重量之比為 12:32，而對於一定量碳之氧之比為 1:2 之簡單整數。此謂之倍比例之定律。⁽²⁾為道爾頓氏所發見。上述之二種定律，即暗示吾人以構成物質的最終單位之存在。道爾頓注意於此，而創近世之原子說，稱物質之假定的單位為原子。若以物質由一定之單位原子而成，則諸種定律皆能說明，而原子特有之比較的重量，亦可由化合物成分之重量比較而得。由此而進，更知各元素之差異，非由其形而由其重；二原子之所以結合，非如古昔所謂起於原子之凹凸，乃由二者間之親和力。⁽³⁾

(1) Law of Constant Proportion

(2) Law of Multiple Proportion

(3) Chemical Affinity

原子說之思想，雖自古有之，然道爾頓說之所以重要優越者，因其說正確，可表以數量，以及原子有一定之原子量，原子之結合，由於類似牛頓引力之親和力等。氏以最輕原子氫之原子量為單位，測定其他元素二十餘種之原子量，發表於其1803年之論文。

道爾頓之研究，固不能視為完全無缺，且對於原子分子，未嘗明瞭區別；然氏為近世原子論之鼻祖，自此以後，改換面目之重要研究，遂相繼而出。1808年給呂薩克⁽¹⁾發見二氣體化合時，其相互容積之比為簡單整數，其時所生氣體化合物之容積，亦與前二者為簡單之比，以此氣體反應之定律⁽²⁾為動機，氣體之研究，盛行一時，遂生亞佛加德羅之分子說；氏由道爾頓之假說，初以為同容積諸氣體內所含原子之數互有簡單之比，然更進而研究氣體之化合，闡明其物理學上的性質，乃注意於祇能存在於化合狀態之最小物質化學的粒子即原子，與可存在於游離狀態之最小物質物理學的粒子即分子之區別。其於1811年所發表之假說，即以此等考察為基礎，等溫等壓時，同容積之任何氣體中，常含有同數之物理學的粒子。此即今日之所謂分子說，無論為化合物或為單質，除去其例外者，普通之分子，皆認為由數個原子結合而成。如前所述，不變物體之性質而能分析之極限為分子，分子為物體所獨有，各有其物體特異之性質及一定之分子量；以此分子為基

(1) Gay-Lussac (2) Law of Gas Reaction

本的要素而起之自然界的現象，爲物理學的變化⁽¹⁾，以分子而更分析之，則物體之性質遂變，而達最後單位之原子；此爲物質之真正最終的要素，分子即由若干原子結合而成，因其結合如何，可生無限各異之物質分子，原子祇能獨立存在於化學的變化時，因其離合集散所起之現象爲化學的變化⁽²⁾，此等分子及原子的集合體之物質觀，及物理的變化與化學的變化相合而成自然界的現象之自然觀，實爲十九世紀之物理學的大綱。

因分子說及原子說而起之種種詳細的研究，非本論之目的，今祇略述一二重要事項，以終此章。

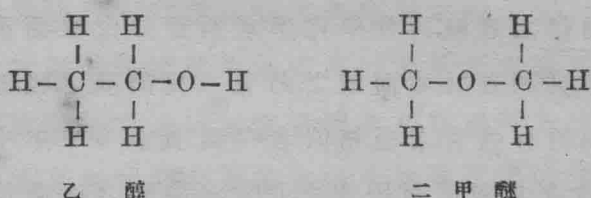
週期律⁽³⁾之意義，固曾學化學者所盡知，由輕而重，依原子量之順序，排列各元素而觀之，則見一定間隔之後，即八種之後，必週期的有性質之極相似者存焉。此爲1864年牛蘭⁽⁴⁾氏所發見者；綜合其關係而研究之，1869年德國之邁爾⁽⁵⁾氏及俄國之門得雷葉夫⁽⁶⁾各發表一種重要論文，因後者之資料豐富，說明清哲，今則多祇知門得雷葉夫之名，例如除去最輕之氫，以其次之氦爲第一而排列之，則見第九之氖，第十七之氬，皆不易與他種元素結合爲化合物，而成極相似之一羣，氬之次，第二之鋰，與第十之鈉，第十八之鉀，亦爲極相似之一羣，元素之中，不合於此定律者固亦有之，因而有偉爾納⁽⁷⁾之修改案；然此

(1) Physical Change (2) Chemical Change (3) Periodic Law

(4) Newlands (5) Robert Mayer (6) D. I. Mendelejeff (7) Werner

種事實，不惟饒有興味，且為電子論之一種重要資料。

分子由原子而成，已如前述。然則分子內原子之排列則如何？由此種研究之結果，因而有立體化學之發達，而為化學之一重要進步。即分子中之各原子，皆於一定之立體的空間，有一定之幾何學的位置。此種學說之重要資料之一部，即所謂異性體⁽¹⁾及結晶體⁽²⁾。由同種同數之原子而成之分子中，有各異其性質者，稱為異性體。此現象蓋因分子中原子之幾何學的排列之相異而生；例如由氧二原子碳二原子氫六原子結合而成之化合物中，有乙醇⁽³⁾及二甲醚⁽⁴⁾之二種異性體，其構造式可示之如下：



兩者性質之差異，由於原子排列之不同，已如圖所示。此種異性體之存在，即為分子內之原子，常有一定之幾何學的排列之證據，且示分子之構造為粒狀的，各原子之結合，皆隔以一定之距離。

同一物質之結晶，常有同一之形體，固盡人皆知，然則結晶形與其物質分子之構造，當必有重要之關係。普通物體雖有結晶體及非結晶體之區別，然此不過為肉眼的差異，非結

(1) Isomer (2) Crystal (3) Alcohol (4) Methyl Ether

晶體固可認為微小之結晶體，即近來所盛行研究之膠質物，亦可由其分子之排列，推知為結晶之集合，故關於結晶體之知識，直可應用於一般物質，極為便利，如酒石酸之二種異性體，即為分子構造與結晶體關係之好例。由理論上比較兩異性體分子之立體構造，其內部原子之排列，應如物體與其鏡中之像之關係，再比較兩者之結晶形，則完全為理論上所謂之對稱。

此外提供重要資料於立體化學之研究者，為結晶與偏光之關係。由前述酒石酸之異性體觀之，通過其中之偏光，一使右旋，一使左旋，而其迴旋度則相同。此可以證明理論上分子構造式之真理。

最近布拉格⁽¹⁾父子等之關於X線之實驗，開分子構造研究之新途徑。用三稜鏡以作分光景，固盡人而知，他如迴折格子⁽²⁾亦常用於此種目的。此為一種極精巧之構造，以金剛石針，於玻璃板上一吋之內，劃一萬至四萬之等距離的平行線。通過光線，則分為分光景而透出。由此事實，勞愛⁽³⁾氏遂思及礦物之結晶體，或可用為X線之迴折格子，因其中原子，若以一定之距離整然排列，直可相當於玻璃板上之平行線。氏即依此想像而實驗之，果然豫想適中，可以作成X線之分光景而攝其影。集此實驗之大成而檢驗其分子之構造者，為布拉格氏父子。以迴折格子作光線之分光景時，光波迴折角及格子之

(1) Bragg (2) Diffraction Grating (3) Laue

幅間，常有一定之關係，今既知X線之光波，若再測定其迴折角，則可察知格子之幅，即分子內原子之排列狀態。此布拉格父子之重要研究，盡載於其1915年所著之X線及結晶體之構造，因此功績，遂於同年受諾貝爾獎金焉。

第二章 原子之構造

分子之構造，已略述如前，茲更述構成分子之原子之構造，亦即為電子論之重要之一部門。

分子說，原子說，為十九世紀自然科學之最重要的發見，而為種種研究發見之基礎。今再返究其物質觀，則以物質為分子之集合體，分子為原子之化合物，原子為物質之最後單位，不變不滅而不可再分。所謂原子，不過為假定的存在，實見之者，尚無其人。然自前世紀之末葉，真空放電及放射能之研究盛行以來，惹起種種革命，不可再分之原子，更粉碎為數千物質的普遍的要素之電子，不變之元素，又可蛻變為他種元素，而從前祇以間接的事實為證據之原子的實在，今已得實際之證明。

原子之存在，既已實證，電子之實在，亦更無置疑之餘地。較原子極微之電子，無論出於克魯克斯管之陰極線，或種種放射性元素之放射線，細檢驗之，皆屬相同。由此等事實觀之，物質之終極的要素，當非原子，而為共通於萬物之同一電子。以物質為九十餘種相異原子之單位而成者，當非最終之決

案物質必爲尤微小而單純之普遍的共通單位之電子的一種集合體。是即分析物質，最後所得者當爲電子之說與矣(實則如後所述，物質由電子及陽核二者而成)。由自然科學認識之普遍的統一的見地觀之，誠較原子論爲進步。今略述可以證明此說之事實如次。

原子之有電性，已爲從來所承認，否則電解質溶液中之諸現象，即所謂電解之現象，不能得滿足之說明。即電解質之分子，分爲帶陰陽兩電之離子⁽¹⁾而存於其溶液中，因電而移動，或起相互之反應。例如懸金屬板二片於鹽酸水溶液，以此爲兩極而通電，則其組成分之氯與氫即相分離，前者生於陽極，後者生於陰極。蓋兩元素之原子於溶液中爲離子化⁽²⁾，故帶陽電者(氫)吸於陰極，帶陰電者(氯)吸於陽極。若爲非電解質，因不能離子化，故不通電流。普通狀態之一般氣體，爲電之絕緣體，無離子化現象，然若通以 α 線，陰極線等之放射線，則成爲電之良導體。此時之氣體，可即認爲離子化，與電解質離子化於溶液中之現象，全然相同。測量此離子化氣體之電量，而知與氫粒子之荷電量同值，後又測定鐳之 β 線之陰電子，亦得與前者全同之數值。湯姆孫綜合此等事實，遂創爲次說：即原子爲多數較小之微粒子集合而成，各各相等，且與氣體之陰離子同其質量。

更提供有力之資料於原子爲電子之集合體說者，爲前

(1) Ions (2) Ionize

述之週期律及最曼效果⁽¹⁾之現象。最曼效果爲關於分光景之實驗。射高溫氣體所發之光於三稜鏡，則生其氣體獨有之輝線分光景。今置光源於強磁場內，與以磁力之影響，則輝線分爲二條或三條，此謂之最曼效果。蓋即光之波長因磁力而變化所生之現象。最曼效果之現象，不惟爲物體由電子構成說之基礎，且爲實驗的證明光之電磁波說之重要研究。欲理解其說，不能不先明光之本質。從前多以光爲由發光體放射之微粒子⁽²⁾光素之作用；此物飛入眼中，可以刺戟視神經，使之感覺。此即所謂粒子說或發射說⁽³⁾，即大科學家如牛頓亦尙贊成此說。後始知爲一種波動之傳播，而前說以破。波動說⁽⁴⁾始倡於海亘史而不爲當時所注目，後於十九世紀之初，英國醫師楊格⁽⁵⁾得明確之證據於色之干涉，1801年發表其光及色之理論之論文，始確立其說。然波動不能無傳播之者，氏以此物必瀰漫於一切空間而充滿於一切物質，稱之爲能媒⁽⁶⁾。最初海亘史以爲光波與音波相同，皆爲縱波⁽⁷⁾，後由夫累涅爾⁽⁸⁾及楊格等之研究而知其爲一種橫波⁽⁹⁾。打破粒子說而確立波動說之能媒，不過爲一種假定的物質，爲證明其實在，已行幾多之實驗，然皆歸於無效，即理論上亦有頗難說明之現象，故現在對於能媒之存在，已起疑竇，而需要可以代此之新解釋。又依近時之量子論，亦發生與從來相異之說。

(1) Zeemann Effect (2) Light-Corpuscle (3) Emission Theory of Light
 (4) Wave Theory of Light (5) Thomas Young (6) Ether
 (7) Longitudinal Wave (8) Fresnel (9) Transverse Wave

最初修改楊格氏之能媒論者爲馬克斯維爾之電磁波
⁽¹⁾論，氏以光非能媒之波動，能媒祇爲一種媒質，光爲傳播於媒
質中電磁場之週期的變化，此卽爲光波與電波同其性質。後
赫芝⁽²⁾研究電波，知與光波循同一之法則，且亦有偏光干涉之
現象，遂得確立其基礎，卽電波與光波根本相同，所異者惟波
長及振動數耳。然則發光亦須有如電波之荷電體的振動。

最曼氏由電磁波說之見地思之，以爲前所發見之最曼
效果，卽加磁力於光源，波長則起變化者，必光源有一種荷電
體，測定其 $\frac{e}{m}$ ，乃知與電子全同。其所帶電爲陰性，前已豫知，由
此而知光源之荷電體卽爲電子，光卽成於電子之振動，電磁
波說遂實驗的得其證明，此固亦可爲物質的電子構成說之
一種證實的資料。

光爲電子振動之一種電磁波，各元素所發之光，各生特
異之分光景，此與物質之構造必有密切之關係。其完全之解
決，固須俟之將來，然各元素之原子，由排列於種種特異位置
而運動不息之電子而成，則可想像而知。職是之故，加磁力於
光源，則變化其特異之電子狀態，而影響於分光景。

由道爾頓之原子說，知原子之相異，因其原子量之不同。
又由門得雷葉夫之週期律，而知元素因其原子量之次序，有
週期的相似之性質。觀此事實，頗足使人起原子更由他種基
礎的要素而成之想念，而此週期律可以用爲推定原子內電

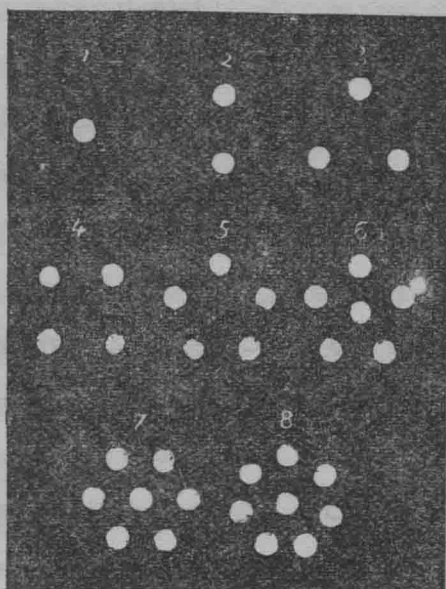
(1) Electromagnetic Theory of Light (2) Hertz

子排列之資料，逆言之，即週期律之根基，亦非由電子論不能說明，然元素中猶有不能循此律者，週期律尚不能謂為完全，已如前述，近則變其方法，有以氫原子為1，順次排列，而各定以號數者，稱為各元素之原子序數⁽¹⁾，依原子量之次序，每八種排為一列，記於縱橫線之圖表，同族元素，列於同行，較前之週期律表，非惟便利，且有意義，原子序數多約為其原子量之二分之一，亦殊有興趣，原子序數初唱於布洛克⁽²⁾，後摩茲力⁽³⁾完成其關於X線之極重要之研究，而與原子序數以重大之意義，置金屬板於克魯克斯管陰極線之突當處，則生X線，摩茲力用種種元素之金屬板，見其所生之波長，皆為各元素之一定的特值，而波長與原子序數間，常有一定之關係式，即原子序數愈增，由其元素所生X線之波長愈短，此為推定原子之構造上極重要之事實，氏由此研究，重定各元素之原子序數，而補足週期律之缺點，由後所述，而知各種元素有相當於其原子序數之電子，完成此著名研究之摩茲力氏，尚為力行有為之青年，二十七歲死於達達尼爾之戰，殊堪憫惜。

原子由電子而成，無論觀之上述各方面之推察實驗，或觀之放射性元素蛻變之事實，皆無矛盾之可言，古昔希臘哲學者所想像一切物質的基礎之普遍的終局要素，已由近代之研究而實現，今所餘者，惟構成原子之電子數及其排列之狀態。

(1) Atomic Number (2) Brock (3) Moseley

有一種簡單而極有興味之實驗，可以暗示原子內電子排列之觀念。此種實驗盡人皆可為之，而初試之者為邁爾氏捲電線於金屬盆或桶之周圍而通電，則容器內部生磁場而現磁力作用。滿水於器，浮插有磁針之軟木塞於水面，而漸增其數，則見塞子因其數量，常有一定之排列。1 至 8 時排列如



第 3 圖

第 3 圖；若更增加，則漸次重疊。如圖所示，1 至 5 時，別無中心，由 6 至 8，則中心為一，周圍繞以一圈；9 及 10 時，中心為二；11 時中心為三；皆有一定之中心團及圍繞圈。若數更增加，中心團可增至八個；由此再增加時，則不以全體為中心團，其中更以 8 以下之數為中心。例如總數 16 時，其排列為 1-5-10，以中央之 6 為中心團，總數 23 時，則為 1-8-14 之三重，而以中央之一為中心團。由此而知中心團之數與全體之數，有極饒興趣之關係，即原子量與磁針總數略同時之原子的原子價，不意與其中心團之數值竟相符合。例如塞子總數 16 時，中心團為 6，圍繞圈為 10，而原子量為 16 之氧的原子價之最大者

亦爲 6。鈉之原子價爲 1，其原子量爲 23，而塞子總數 23 時之排列的中心團亦爲 1。又如 28 之排列爲 4-10-14，故有相當於此數之原子量之原子的原子價，必應爲 4；而硅之原子量爲 28，原子價爲 4，亦適相符合。中心團 7，總數 35 時，亦與原子價爲 7，原子量爲 35.46 之氯相符合。邁爾之實驗，爲推察原子內電子排列之極有用的資料，兩者或相近似。惟此乃平面的實驗，實際原子內之電子排列，則形成立體；又前者爲靜止的狀態，實際電子則以高速度運動，故兩者仍不能視爲完全同一。

原子構造之學說，初創於湯姆孫 (1904 年)，日本長岡博士亦續出一說，頗爲傍卡累⁽¹⁾所推稱。湯姆孫聯想於邁爾之實驗，假定一與原子同大之球，其表面分布以均一之陽電，中心分布以陰電子之同心圓層，循一定之軌道而迴轉；陽電量與陰電子之陰電量相等，故其構造能保持安定。此爲湯姆孫所假想之原子型，其說可稱爲外圍說。陰電子與球面陽電之間，若爲普通電的引力之作用，則爲保持其安定的平衡，電子應如何配置？由數學的研究而知能均齊排列於一球面之電子數，常有一定之限度，若超過此數，則分爲半徑相異之二同心圓的球面。氏以原子之化學的或物理的性質，基於外輪之電子，原子放射 X 線等之本質的性質，基於內輪之電子；氏又依此而說明週期律焉。

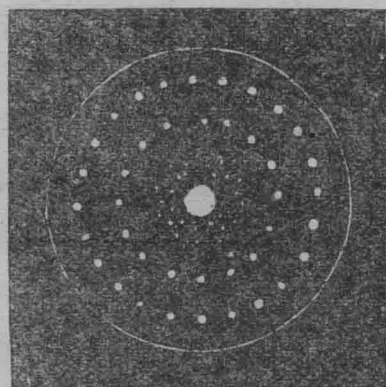
(1) Poincare

然由後之研究，湯姆孫之外圍說，頗有不便之點，而因漸信長岡氏所唱之中核說。⁽¹⁾長岡氏之假想，亦為運行於一定軌道之電子輪層，及足以中和其陰電之帶陽電的粒子，與湯姆孫之假想無異；其所異者，惟陽粒子在於原子之中核，原子有陰電子圍繞之中核而帶有陽電，雖可由種種實驗想定其近於事實，惟最大難點為運行於中核周圍之電子，如何可以保持力學上的安定。由1913年波爾氏之新說，⁽²⁾加以量子說，漸能確立其基礎。波爾氏之重要假定如次：(一)電子以陽核為中心，分布於數個同心圓上，迴轉於圓形軌道，各電子之角速度皆全然相同，如此迴轉，電子並不發散其能，故為安定狀態。(二)電子非常止於同一軌道，有時可以由此移彼，此時方見能之發散或吸收，而放射X線等。波爾氏之此說，由其當時所唱之電子說演繹而出，依此可以解決電子何以不陷落於中核而能保一定位置之疑問。若按普通之放射律，則既常發散其所蓄之能，必速度漸減，不能不向中核而陷落，而徵之事實，則大不然。

中核說既如上述，原子所有之電子數則如何？原子量愈大，其數愈多，排列方法亦因數而異，然原子量愈大，構造亦愈複雜而不安定，易於破壞。⁽³⁾巴克拉及刺得福德兩氏，各以相異之方法實驗計算之，而知原子內電子之數，為原子量之半值而相當於其原子序數。然關於此點，其後又發見一種必須注

(1) Nucleus Theory (2) Bohr (3) Barkla

意之事實：即由放射能現象之研究，而知原子中核之陽粒子，不僅爲陽電體，須視爲由陽電體與電子密切結合而成之體系（第4圖內中心之集團即示此體系）。中核之陽電量尚有餘裕，故需與之中和之陰電子，圍繞於其體系之四周，如圖所示。



第4圖

與原子序數相等之電子，祇爲外圍之數。

原子之構造說，摘要述之如次。

1. 原子由一中核及圍繞迴轉之若干電子而成。
2. 中核由帶陽電之物質及若干之陰電子而成，其陽電尚有餘裕。
3. 圍繞中核之電子數，恰可中和中核之過剩陽電，而與元素之原子序數相等。
4. 若原子內電子數甚多，則排列爲數重直徑相異之輪圈。
5. 元素之構成的性質，基於外層之電子輪，其本質的性質（例如特有之X線），基於內層之電子輪。
6. 元素之原子價，基於外層之電子數。
7. 中核有時可分離構成自體之陽電體的一部，或其電子惟祇限於放射性的變化時，此時所分離之陽電體，爲帶陽電二單位之氦原子，以 α 粒子之名射出之；電子則以

β 粒子之名射出之。

8. 循一定之軌道，迴轉於中核周圍之電子，若移動於他軌道時，則起能之發散或吸收，因之發光，而現各元素特有之分光景。

原子之構造，已略盡於上，茲更舉數例以說明之。原子之構造，約言之，即酷似於吾人之太陽系，圍繞於中心太陽的陽粒子之四周，宛如遊星之多數電子，常循一定之軌道，而為高速度之圓運動，恰如太陽系之縮圖；惟以其體之大小比較之，電子與陽核間之距離，較遊星與太陽間之距離為短。今更擴充範圍，取分子而觀之，以原子最多構造最複雜之澱粉分子，最為好例。分子之為物，固仍極小，以一千萬粒排為一列，猶不及指爪之幅廣，然由布拉文⁽¹⁾及莫理斯⁽²⁾之研究，則澱粉分子，又為碳原子一千二百，氫原子二千，氧原子一千，即合計四千二百原子之集合體。若更憶及樹葉中澱粉分子之數，何啻幾千億萬，則分子原子之微小，可以想像而知。然猶不止此，由電子論而知各原子中，更有多數電子，環繞運行於陽核之周圍，今若假想電子球上有人居住，則其視澱粉分子全體，當必為一銀河系之宇宙，誠為一種幾難置信之自然觀。

今更介紹氫氦系⁽³⁾之學說於次，以結此章：此為哈琴斯⁽⁴⁾及威爾遜之所唱，謂一切元素之原子，皆由氫及氦而成。放射性元素蛻變時，放射 α 線，已如前述，而 α 線之 α 粒子，即為氦原

(1) Brown (2) Morris (3) Hydrogen-Helium System (4) Harkins

子，亦已證明。然則即謂放射性元素，原來已於某種狀態即含有氦原子，亦無不可。例如鈾數次蛻變而成最後之鉛，其間放出氦原子八個，故即謂為最初必至少含有氦原子八個，亦無不可。

此亦可由原子量及原子序數而推察之。某種元素之原子量，約為其原子序數之二倍，已如前述，今試觀偶數原子序數之原子，則見其為4之倍數；氦之原子量為四，有四之倍數的原子量之元素，既如此其多，或即此等原子皆由氦而成。奇數原子序數之元素，雖無相當於氦原子量的倍數之原子量，然若以氦原子量之倍數與氫原子量(1)之倍數之和而計算之，則與實際測定之值，適相符合。此即氦氫系說產生之由來，頗為一種有興味之學說。

第三章 電及磁之本質

電子之發見，非僅於物質之構造上，有革命之效果，於物理學及化學上亦有重要之貢獻。從前所不能理解之現象作用，一以電子為基礎而解釋之，立即明瞭者，實非少數。例如光與電子，驟視之似無關係，實則為由其振動而生之一種電磁波。他如X線之本質，化學的作用，原子價及本章所述之電磁之本質，無不可以電子為立腳點而說明之。

電之為何物，其說甚多。最初所唱者為電液體說，此說以

(1) "Electric Fluid" Hypothesis

電爲非物質的無重量的不可壓縮的液體。因之電有一定之量，貯蓄於一種壓力之下，若開一通路，則流於壓力較低之方向。然詳言之，則又分二說，一謂電有陰陽兩液，一則假定爲一種液體。如佛蘭克林即後說之代表者；氏之單液說以陽電物爲附加電液於中性體者，陰電物爲自然存於中性體中之電失其一部者。兩液說之代表者爲辛麥；⁽¹⁾氏以陰陽兩電常互相吸引，普通似無電之中性體中，有等量之陰陽電結合而存在，陰電性物，因其缺少陽性電液之一部，陽電性物，因其缺少陰性電液之一部。此兩說者，皆與最近之電子說一脈相通，頗爲奇蹟。說明電流時，此說固頗便利，然所謂液體果爲何物，則完全不明，而於說明後所發見之種種電的現象，不足之點甚多，故此等假說漸潛其影。

其後一時無確實的見解，及至十九世紀之初，法拉第⁽²⁾等又唱爲電能媒說；⁽³⁾原來液體說爲說明電流於銅線等之導體內時而起。然電非惟流於導體內，置普通金屬於帶電金屬之近傍，則普通金屬亦帶電，此顯爲電可以傳過帶電體周圍空間之明證。欲說明此點，液體說已失其便利，遂有電能媒說之興起；即空間若無能媒，則電何以傳播之疑，實爲唱導此說之動機。法拉第於種種研究之後，而知電磁之現象，與光爲同一原力之發現，其變換有一定之數量的關係；電磁之作用，亦與光同基於一種能媒之變化，由其中生成之力線而傳播。此種

(1) Symmer (2) Faraday (3) Ether Hypothesis of Electricity

能媒，即爲光媒，若果有能媒之存在，則不僅可以傳光，必尙有其他之能力，電亦可藉以傳播，此卽爲電能媒說。後由馬克斯維耳之光之電磁波說之確立，而知電傳播之速度，與光之傳達相同，遂承認「兩者皆起因於同一媒質」之當然；電能媒說因此更得其勢而風靡於近年以前之學界，後因信仰之深，遂至否定電之實在，祇認爲一種表現狀態之名，以荷電現象，爲物體周圍能媒之變形，影響於物體表面之壓力或張力，而漸次趨於極端。及至最近電子發見以來，從前之液體說，又以電子之實質而復活焉。

由電子之發見，而知物質皆構成於電子，檢查電子之電量，知其常有一定，且爲吾人所知之最小電量。此種電量，不能再分；無論何種電量，皆可以其整數倍數表出之，而知此物質的最小單位之電子的電量，又爲電之最小的單位。由此而知電爲此種單位集合而成，電現象，爲有此單位之電子作用的發現，此卽關於電之最近的說明。

當電子發見以前，馬克斯維耳已由電解之事實，假想一種電分子，後更由密力康之實驗，確定電由一定量之單位而成，而有原子的構造；其所謂電原子，卽爲電子所有之電量。更由其後之研究，以爲與其謂電子爲帶電之物質，無甯卽謂爲陰電；於是電由電子之集合而成之說，漸成爲有權威之學說矣。

電之電子說，可稱爲液體說及能媒說之折衷說；一方爲

較爲具體的液體說，一方又藉用能媒說之觀念，前二說原爲各偏於一方之不完全的解說，蓋液體說不能說明導體外之現象，能媒說難於說明導體內之現象，故祇得以電流爲導體內能媒之流動而皆不免顧此失彼之譏，惟電子說可以全盤說明，毫無阻礙，例如以綢絲摩擦玻璃棒而起電者，因玻璃有較綢絲容易分離其所有電子之性質，受摩擦熱之攪亂，其自由電子遂由物體游離，附着於表面，而呈荷電現象，以荷電體接近導體，其導體卽帶電者，因導體內之自由電子，爲附近荷電體之陰陽電所引斥，故荷電體之電爲陽性時，導體之近側生陰電，遠側生陽電，荷電體之電爲陰性時，則兩側生反對之電，電流之流於導體內者，可認爲電子流於構成導體分子間間隙之實際的現象，分子間之間隙雖小，然較之電子，猶爲極大，電子流於其間，當無阻礙；卽如銅或金之堅硬體中，電子亦能流通，他如液體氣體內之導電現象，無不可依電子說明之，而離開電子，則關於電之各種說明，多感困難，今日電子萬能聲浪之所以高者，誠非無故。

由電子說，則電之單位，爲帶陰電，而陽電單位之存在，則尙不明，原子中核陽粒子之研究，尙有未盡，此等之解決，猶不能不讓之異日；惟電爲粒子的物質，則已爲確定之事實；電者，蓋可分而不可造者也。

由電子之說明，種種電的現象之疑問，已皆冰釋，而由物體爲電子的集合體之事實推而論之，則固體，液體等之黏着

力，彈力，表面張力，即如重力，亦或皆為電子之第二次的或第三次的作⽤。

物體之磁性，亦可由電子論而解釋之。捲電線為圓環而通以電流，則可由實驗而知現磁性。由最近之學說，知電子於原子內，以陽粒子之核為中心而為一種圓運動，恰與上述之通電流於圓環時相同。然則電子自體，宛如個個之小磁石。惟磁石之方向，普通多不規則，故磁性相消，不可得見。若受強磁場之影響，則個個磁石，皆成同向，而磁性以現。是即物質之磁性，全基於原子內電子之運動。若無電子，磁性亦將不存。由上所述，電的自然觀之風靡於理化學的世界之狀態，可見一斑矣。

第四章 電的物質觀

存在於宇宙間之物質，皆為電子所構成，起於自然界之理化學的現象，皆基於電子之作用，已如上述。今更進一步，略述所謂自然科學的哲學⁽¹⁾之關於物質及能的認識問題，而說明新物理學之由來，以結此篇。

電子之質量，為氫原子之約 $\frac{1}{1800}$ 即 9×10^{-28} 克，為現在已知物質中之最小者。電子之為物，初雖認為一種物質，然由近來之研究，而知電子雖有質量，但非普通意義之物質。約言之，即電子之質量，非基於重力，電子無重，其質量惟基於其所帶

(1) Philosophy of Natural Science

之電，或電子即為電。解剖物質而觀之，既知為有如此性質之電子的集合體，則吾人從來之物質觀，即不能不有所變更，而物質由電而成之電的物質觀，當必勃然而興，以下試略述其故。

電子有質量而無重量，驟見之似甚矛盾，此蓋因從來對於物質及質量之觀念，不甚明晰之故。然若不明瞭分析兩者之意義，則革命的新物理學之真意，極難理解；即有質量者，不必皆為物質。吾人對於質量及重量，常易混淆，此蓋因地球上物體之質量，皆與重量為比例，質量常可以重量表示之故。然重量為基於地球重力之質量，今若有物焉，距地極遠，為其引力所不能及，則此物當然不能有重量，但其質量則依然如恆，無少變化。由此觀之，可知質量與重量其性質迥然不同。欲明質量之意義，不能不以慣性為其基礎。茲略述之如次。

試觀自然界中，靜止之物，若無外力加之，則永久保其靜止，運動之物，若無外力加之，則永久繼續其同速之運動，即一切物體，皆有保持現狀之性質，此即為慣性之定律。運動體所有基於慣性之能，與其質量 m 及速度 v 之二乘之積為比例，可以 $\frac{1}{2}mv^2$ 之式表出之。今假想一種無重量之物體，若能以一定之能而運動，即若有慣性，則此物即無重量，猶可有質量。若果有此物之存在，則可稱之為非物質的物體⁽¹⁾，而電子實即為此物。

(1) Non-material Body

由上而知物體於重量的質量之外，猶能有一般慣性之質量。若稱此爲慣性的質量⁽¹⁾，則基於重量之質量，可謂爲起因於地球重力的吸引之慣性的質量。今傳電於某種物體而觀之，其重量雖無變化，然慣性增加，可得較大之質量，即基於電之質量，亦能有之，而稱爲電磁的質量⁽²⁾。此說於電子發見以前，已由羅倫徹⁽³⁾及拉摩耳⁽⁴⁾等數學者之理論上的研究而明瞭。某量之電運動時，其周圍之空間中，常有電磁的能⁽⁵⁾及運動量⁽⁶⁾，故可有質量。惟於吾人所日常實見之荷電體，其基於重量之質量，遠較基於電之質量爲大，故後者常爲前者所隱蔽而不得見。然自質量極小之電子發見，其基於荷電之質量，極爲顯著而實驗之結果，知電子所有慣性或質量之全部，皆基於所荷之電之說，或近於事實。若此說果爲事實，則電子不惟無重，且非普通之所謂物質，直爲陰電之自體。

與「電子質量全爲電的質量」之問題以確定的解決者，爲其速度與質量之關係，因其理論與實際，極相符合。今若假定電子之質量全爲電的質量，則由電磁學之理論，其電磁的質量，必與速度爲比例而增加。電子飛出之速度較小時，其質量雖與速度無關，略有一定，若其速度非常增大，達光速度十分之一以上時，則其質量之變化，極爲顯著。觀之 β 放射線之速度，約達光速度之十分之三至九，則其變化，當能實際觀察

(1) Inertial Mass (2) Electromagnetic Mass (3) Lorentz (4) Larmor

(5) Electromagnetic Energy (6) Momentum

之。由實驗而證明此理論之確實者爲考富曼⁽¹⁾及亞伯拉罕⁽²⁾。考富曼先就「 β 線因磁力而彎曲」而實驗之，證明電子因速度而變其質量，且確定其與由電磁的定律算出之結果相符合。後亞伯拉罕鑒於考富曼之實驗，即純由電磁的根據上，論究電子之質量，以爲電子受加速度於其運動之方向時及與其運動相直角之方向時，其質量不能相同，而算出其縱質量⁽³⁾（前者）及橫質量⁽⁴⁾（後者）。加磁力於 β 線而使之彎曲時所知之電子質量，因受加速度於直角於運動之方向，故爲橫質量。考富曼更由此事實爲精確之實驗，而與亞伯拉罕之實驗比較之，知電子之質量，惟因帶電而發現，即純粹爲電磁的質量；而發表於1902年。

電子若非普通物質而卽爲電，則吾人對於以電子爲要素之物質，卽不能不改易從來之面目而參以電的觀念，此實爲基於今世紀所建物理學之物質觀的根本思想。今既以電單位之電子爲物質之最後要素，則從來之自然觀的基礎之機械觀，已無存立之餘地。從來之機械觀，以物質之質點爲最終的要素，而以由作用於質點之力而起之運動，說明一切之自然現象。然若物質之最終的要素，不僅爲運動的主體之質點，而爲電的單位之微粒子，且物質由其複雜之構造而成，則自然界所見各種現象之根本，與其謂爲物質之運動，無寧歸

(1) Kaufmann (2) Abraham (3) Longitudinal Mass (4) Transversal

於電之作用，若電子之質量完全為電磁的，則物質之質量亦同為電磁的，且因速度而有變化；因而十九世紀有最高權威之質量不變的定律，物質常住的定律，皆失其絕對的妥當性。因之，以此等定律為基礎之牛頓氏機械的力學，亦無所根據而失其理論的絕對價值。今後則不能不依有新立腳點之電的力學而演繹之。

然此處所須注意者，牛頓之力學雖破，然非全然無用，日常所經驗之普通現象，依然可以通用，曾不少減其確實性，故從來之力學無全然破棄之必要。惟於純粹之理論物理學上，則已失其絕對性，如 β 線陰極線等，其速度幾與光速度相近之極端現象，則牛頓力學已實際認為不合理。

關於電子論及於能之影響，及存在於宇宙間之實體，亦不能不稍有所論列，今略述之如次。自然科學之特色，為分析宇宙間千差萬別之現象，以還元於普遍的要素，觀察其恆常必然之關係，定為定律或假說，以冀達一般普遍的認識，逐次探究，漸知有物焉，恆常不變，不生不滅，且為最終而不可再分之物，此即所謂普遍的要素，不受任何之變化，惟因其形態配分之如何，而生千變萬化之現象。由哲學方面言之，此最終的要素稱為實體。直至最近，物質雖皆依拉瓦節之不生不滅恆常不變之原理，而滿足其實體之要求，然依電子論，則物質之

(1) Law of Conservation of Mass (2) Law of Indestructibility of Matter

(3) Substance (4) Lavoisier

量，非恆久不變，且非最終的要素。故今又由朱爾邁爾⁽¹⁾及赫爾姆霍斯⁽²⁾等所唱能常住的定律⁽³⁾之能，即能新起而占實體之位置焉。

詳言之，即電磁的質量，既因速度而變化，故質量已不能為電子的恆常不變之實體。今則除以電子為實體，以其電量為恆常不變之外，別無他法。然電可認為一種之能，即存於電場之能，電之存在，為周圍之電場有能之分布；而為此分布之中心者，實為電子。故以電子為不生不滅之實體，即不外以電場之能為實體，而恆常不變之實體，於是由物質經電而移於能焉。如威廉奧斯特瓦德⁽⁴⁾者，更以能為真正的實體，而以依熱力學第一定律之能常住的定律，及第二定律之熱力學函數增加的定律⁽⁵⁾，記述其變形推移之跡，為自然觀之極致，唱為一種能一元論⁽⁶⁾之哲學。然以能為實體，究足為統一的理解一切經驗之基礎概念否？能果能獨斷為吾人所直接能經驗之實在否？能豈非僅為因表共通於種種現象之數量上所能恆常維持之關係，依物理學而構成之一種概念？此即屬於哲學之研究範圍，頗為難題。

以吾人之現在的知識言，則電子為究極的要素；將來學術進步，或又有他要素之發見，亦未可知；然在自然科學界，實體之觀念，想不易於改變。

(1) Joule (2) Hermann von Helmholtz (3) Law of Conservation of Energy

(4) Wil. Ostwald (5) Principle of Increase of Entropy (6) Energymonism

第四篇 相對性理論⁽¹⁾

第一章 關於光媒之考察及實驗

愛因斯坦⁽²⁾之名，一時喧傳於世界；歐美各國無論矣，即東方之日本中國亦無不知者。其所唱導之相對性理論，幾成爲現時議論界之惟一議題；專門之物理學者無論矣，即一般世人，亦皆欲略知其梗概；新聞雜誌，固無日不有相對性理論之紀載，而通俗書籍之刊行，尤續出不窮，則此問題之如何惹起世界的波動，略可想像而知。愛氏之名，所以如此廣布於世界之直接的近因，基於英國天文學者1919年之遠征，爲證驗其說之正否，特赴巴西及非洲之孤島，觀測日蝕，而得有利於相對性理論之結果，由泰晤士報爲之介紹廣布於世界。若依此理論，則關於時間、空間及物質等之舊來思想，皆不得不改換其面目，不惟爲科學界之珍奇，且多非常識的結果，則其爲一般世人所注目，又何足怪。

相對性之名，雖幾普及於世界，而其理論極深奧而難解。愛因斯坦發表其論文時，曾謂能完全理解之者，現世界不過十二人，其所以難解者，因一面爲純粹之力學，一面又入於形

(1) Theory of Relativity (2) Einstein

而上學之領域，而其理論之發展，尤全藉乎深奧之高等數學，則爲專門學者所望而卻步，不亦宜乎？

相對性理論之出生，歲月極淺，雖基礎初固，否認之者尙有人，其完成確立，固不能不俟之將來；然此論一出，光媒爲所否認，絕對的時間空間失其存在，牛頓力學失其絕對的妥當性，宇宙引力說亦須加改訂而代以空間之變形；凡此種種，不惟爲物理學者所急須討究之緊要問題，即一般人士對之亦抱極大之興味，咸欲一窮其究竟。奈其學理深奧，極難理解，通俗言之，又恐誤傳其真意。茲當於其可能之範圍，一試其最善之說明，相對性理論，起源於光媒⁽¹⁾之研究，今於未入本論之前，先略述光媒之概要。

光之本體爲何？其說不一，牛頓等之粒子說，由楊格及夫累涅爾等之研究而改正爲波動說。然光若爲波動，則不能無波動之物質，此物質假想爲瀰漫宇宙充滿空間，無論固體液體，皆能存在於其中，即所謂光媒。光媒之波動，最初以爲縱波，由後之研究，始知爲直角振動於波之進行方向之橫波。此時雖知光媒不能不與有彈力之固體同一性質，然對於運行其中之遊星運動，不見有何等之抵抗，則又與一般固體之性質不同，爲避免上述之矛盾，更以光媒應有如完全液體之理想的特殊性質，然其不可解之各點，仍未稍減，遂成爲一大疑團，而苦費從來幾多學者之腦力。光之本質，雖因光媒而略近明

(1) Ether

瞭，實則不啻進入迷宮，疑雲更深，而其第一難點，即在於不能免除矛盾。後由馬克斯維耳之研究，而知光波與電磁波之波長雖異，其本質則同，故光媒不必為波動之物體，而改正為足以傳達電磁波之媒質。對於光媒之觀念，雖漸由物體而變為媒質，然其性質之機械的說明之困難，仍未稍減。惟當時對於光媒之存在，尙未加以徹底的打擊，多數學者，猶欲努力於種種合理的解釋，其與光媒以最後的致命傷者，為有名的邁克爾孫⁽¹⁾摩黎⁽²⁾之實驗。

若光媒果瀰漫於宇宙間，則對於通過其中之物體的運動，是否感受影響？關於此點，約有二種假想：一為攪動說，即為運動於其中之物體所攪拌而與之共動；一為靜止說，即不為所攪動而仍其靜止。斯托克斯⁽³⁾於1845年所提出者，為前者之一例，氏以為光媒必隨地球之運動而共動。然此說果真，則光媒不能不有壓縮性，而理論上此種物質所傳之波為縱波而非橫波，與事實不符。欲免除此種困難，不能不採用後說。此說之代表者為夫累涅爾，氏以為光媒不能為運動於其中之任何物體所擾亂，常絕對保持其靜止。與此說以實際的證明之根據者，為光之光行差⁽⁴⁾及多普拉效果⁽⁵⁾。恆星之光達於地球時，其光線於地球運動之反對方向，常成一定之傾角，此現象謂之光行差。若光源與觀測者為相對運動時，因其速度方向之異，光之波長及振動數常生變化，此現象謂之多普拉效果；例

(1) Michelson (2) Morley (3) Stokes (4) Aberration (5) Doppler Effects

如恆星以極大速度行近地球時，則地上所受光波之數增加，而其波長縮短，若光媒對於地球非絕對靜止，則上述之兩種現象，不能說明。

斯托克斯之假想固爲錯誤，然夫累涅爾之說果正確乎？光媒果絕對靜止乎？邁克爾孫及摩黎之共同實驗，卽所以證驗之也。若光媒果絕對靜止，則運動於其中之地球對於光媒之絕對速度，當然可以測知；逆言之，若以地球爲標準而假想爲靜止，則於其運動之反對方向，必生光媒之流，此與疾驅於無風之空中而生風者，其理相同。若果如此，則光之進行於沿光媒之流之方向者，與垂直於其流之方向者，必異其速度。今由一點，向此兩種方向同時放光，使之往復於同距離，則兩者必不能同時歸於原處，此可由簡單之代數式以說明之。依此原理，邁克爾孫於1881年先行其實驗，後於1887年又與摩黎共同行之，而其結果，皆同時復歸於原處。卽地球對於光媒無何等速度，而知地球對於光媒無何等運動。此爲革新舊來的物理學之重大而有名的實驗，而光媒之問題更因此而入於五里霧中。光媒對於地球之運動，既不可知，而光媒與地球共動之說，又有使光波變爲縱波之不便，且與光行差及多普拉效果等現象不能符合。又於實驗的方面，奧力味洛治⁽¹⁾曾以高速度迴轉鋼鐵於空中，未見光媒爲其所攪亂。然則光媒之爲物，無論爲絕對靜止，無論與物體共動，皆有不便，故其存在，殊

(1) Oliver Lodge

多困難。

爲免除此種困難，羅倫徹於1904年唱一種大膽之假說，謂一切物體，皆於對於光媒之運動方向或其速度，以一定之比而收縮。此假說又由菲次澤刺德⁽¹⁾與羅倫徹同時獨立想出，故此收縮稱爲羅倫徹菲次澤刺德收縮。例如圓球，靜止時雖爲原形，運動時則於其方向變爲扁平之橢圓體，若速度增加達於光速度時，遂成一無厚之平面，再上之速度，則不能實驗。欲測其收縮之長，當用一種測量之單位，然此單位，亦以相同之比例而收縮，終不能知其長爲幾何。邁克爾孫摩黎實驗時所用異向之光線，所以不應一致而一致者，因於運動之方向，收縮相當之長度故也。果有如此之收縮現象，則光媒存在之說，減少其困難，即羅倫徹之假說，足以延長其一時之生命。蓋羅倫徹崇信光媒學說，而當時之光媒說又極有權威，故幾無懷疑其基礎觀念者。況多數學者，欲以光媒之語表示物質者不乏其人，以爲現時縱不能成功，將來必有完成之日。雖然羅倫徹之假說，理論上頗有矛盾，多數學者間不敢驟加贊成，於是光媒之存在，漸生疑慮；及愛因斯坦之相對性理論出，光媒之命運遂終。

第二章 愛因斯坦之特殊相對性理論

愛因斯坦由馬克斯維耳之電磁說理論，研究電力學

(1) Fitzgerald

的基礎之微分方程式時，頗欲知物體對於空間之絕對運動。然由邁克爾孫摩黎之實驗，而知此種絕對運動不能認知，乃疑及前方程式之有誤，更進而研究之，遂遭遇一種極堪驚奇之大問題，而提唱其相對性理論焉。邁克爾孫摩黎之實驗，為愛因斯坦理論之重要的前導，氏於1921年曾親赴美國，而觀其實驗之成績。

愛因斯坦1905年所最初發表之論文，即所謂特殊相對性理論，氏先提出二種假說，以為其理論之基礎，後又結合二者，以高等數學展開之，而得種種結果，由此所生之結論，頗極其離奇怪異，而足以驚倒舊來之物理學者，茲分節略述如次。

氏之第一假說，為自古已知之關於運動之相對性，自哥白尼確立他動說以來，以地球為宇宙之中心而不動之妄說破，遂知地球以太陽為中心而運行不息，又以太陽為諸行星之中心而不動者，亦由後之研究而知其以高速度飛行於織女星之方向，如此則宇宙間之物體，無一不相隨而動，所謂靜止者，不過為物體自身的，皮相的狀態而已，故一種物體之運動，常可想為對於他種標準物體之運動，且必須以他種物體為標準，始能定一種物體之運動，因其標準之異，物體之運動當然不能相同，例如一小時以三十哩之速力前行之火車，祇為立於地上者所見之速力，若由飛行於其上之飛行機觀之，則所見者必不能相同，故知一切宇宙間之運動皆為相對的，其所取之標準，何者皆可，惟因標準之異，運動亦隨之而異，此

種理論，即否認絕對運動。若欲承認絕對運動爲真，勢必以充滿於空間而假想爲絕對靜止之光媒爲標準。然此種光媒，即令有其存在，亦皆均一的充滿於空間，無法識別其處所，況乎邁克爾孫摩黎之實驗，已否認此種靜止的光媒之存在。於是愛因斯坦遂欲抹殺此種不合理的光媒，而創爲一種可以表現物理學的現象之自由空間。從來以爲無光媒則空間不起波動者，因視空間爲抽象的無內容的之故，此爲一種錯誤。真空者，實可認爲傳播光波，嚴密言之，即傳播電磁的振動之物理學的空間，而光之速度，即不以光媒爲標準，祇視爲對於觀測者之速度，亦無不可。此誠爲愛因斯坦之偉論。

如上所述，則光媒爲所否定，絕對運動爲所否認。如太陽之與地球，若祇就此二者思之，則無論以何者爲標準，皆無不可，以太陽爲標準，可謂地球運行於其周圍，以地球爲標準，亦可如古昔之地球中心說，謂太陽圍繞於地球之周圍而運動。惟就太陽系全體考察其運動時，仍以太陽爲中心，地球迴轉於其周圍，爲便利而易於說明。依簡明普遍的方法，處理自然界之現象，是爲科學，是爲定律，是爲真理，故統括宇宙而觀之，仍以地動說爲真理。運動爲相對的之意義，已如上述。此固爲牛頓時代以來所已知之運動原理。而愛因斯坦則更進一步推而論之如次：今設有一鴉，以等速度直線的飛於一直線之軌道上空，若由以等速度進行於此軌道上之火車觀之，而判斷其運動，其方向速度雖異，然直線的等速度的事實，則毫無

變化更普遍的述之，即若運動體 S' 系，對於他運動體 S 系為等速的直線的運動時，則對於 S' 之自然的事象全與對於 S 者相同，皆循相同的一般定律而經過，適用於 S 之定律，亦完全適用於 S' 。以上所述為愛因斯坦之第一假說，稱為相對性原理。⁽¹⁾

此處所宜注意者，為原理⁽²⁾與假說⁽³⁾之區別。原理為說明事實之確定的定律，假說為便於說明自然現象之假想，理論⁽⁴⁾則由認為確實之假說而成。愛因斯坦之理論，若已確實而不能變動，則其假說即稱為原理固無不可，然或者尚未達於此境，亦未可知。

愛因斯坦之第二假說，稱為光速度不變之原理⁽⁵⁾，即光之速度，不論觀測者如何運動，常一定不變。驟視之極為大膽而離奇，若適用於光以外之他種物體的運動，則其結果當如何？更以火車為例而觀之：今設有一上行火車，以一小時二十五哩之速力而進行；所謂一小時二十五哩者，蓋以地球為標準，觀測者固定於地上，火車行過其前，更進於反對之方向，見其速力為二十五哩；今若乘一與火車同速之汽車而追之，則汽車上之人，當然不見火車遠離，儼若完全不動；若汽車較速於火車，則見火車漸次後退，宛如進行於反對之方向；又當甲乙兩列車相錯過時，甲列車中之人觀乙列車之運動，必較立於

(1) Principle of Relativity (2) Principle (3) Hypothesis (4) Theory

(5) Principle of Constancy of Light-Velocity

地上之人所見者，其速度為大；由上述四例觀之，可知火車之速度，各因其觀測者而相異，然若火車為光，則不見此種變化，無論以如何方向如何速力而運動之人觀之，其速度常一定不變。換言之，即無論加或減任何觀測者之速度於光速度，其光速度皆無變化，光速度為每秒三十萬浬之極大數值，普通以 C 表之，較之一小時二百哩之飛行機，為其三百六十萬倍以上，無論何物絕非其比，由愛因斯坦之第二假說，認為宇宙間速度之極限。若以此假說適用於一般物體，則運動之物雖如何窮追，終不可及而生一種極離奇之現象，故此假說祇能適合於光線。

此假說由邁克爾孫摩黎之實驗推論之，為否定光媒後不得不然之規定的假說，若此假說果絕對正確，誠不失為優越之卓見。惟此與適用一般運動之相對性於光線之牛頓力學相異，故尚存疑慮，而愛因斯坦之理論全部，又皆以此假說為基礎，則其當否，實為極重大之問題。

此假說雖驟視之極為離奇，然若不與實際之事實相齟齬，則不能認為錯誤。其不相齟齬之一例，可以夫累涅爾之牽引係數⁽¹⁾說明之。從來之物理學上，若對於靜止之人之運動速度為 u ，則由以 v 之速度運動於同方向之人觀之，其速度為 $u-v$ ，而由以 v 之速度運動於反對方向者觀之為 $u+v$ 。愛因斯坦為使此表相對速度之公式 $u \pm v$ 與氏之第二假說相一

(1) Dragging Coefficient.

致,不得不改其式爲 $\frac{u \pm v}{1 \pm \frac{uv}{c^2}}$ 此式雖云多添一分母 $1 \pm \frac{uv}{c^2}$, 然 uv 之值常較 c 極小, $\frac{uv}{c^2}$ 可視爲零, 結局分母仍成爲一, 不過爲從來之 $u \pm v$ 式之脫化; 惟於近於光速度時, 則從來之式所得之值, 不能適合. c 爲光速度, 既如前述, 今以 u 爲光之速度而代以 c , v 爲觀測者之速度而代以 w , 則愛因斯坦之式, 遂成爲 c .

即 $\frac{u \pm v}{1 \pm \frac{uv}{c^2}}$ 中 $u = c$ 故 $\frac{c \pm w}{1 \pm \frac{cw}{c^2}} = \frac{c \pm w}{\frac{c \pm w}{c}} = c$
 $v = w$

由上式而知無論 w 之值爲何, 其結果皆同爲 c , 即觀測者之速度爲 c , 亦無相異, 故氏之第二假說, 可以此式正確表出之. 爲實證此有利於假說之式之正確與否, 氏由此以計算夫累涅爾之牽引係數而驗之, 知與事實相符合.

牽引係數爲何? 例如流水於長管, 通以光線, 則光之速度與通過靜止之水中時不同, 所以表此不同之係數, 稱爲牽引係數. 今以水之屈折率爲 μ , 則對於水之光之速度爲 $\frac{c}{\mu}$, 又以水流速度爲 w , 此可視爲對於水之觀測者之速度.

光以速度 $\frac{c}{\mu}$ 對於水而傳播, 故由對於水有速度 w 之觀測者觀之, 光之速度可由愛因斯坦之公式計算如次:

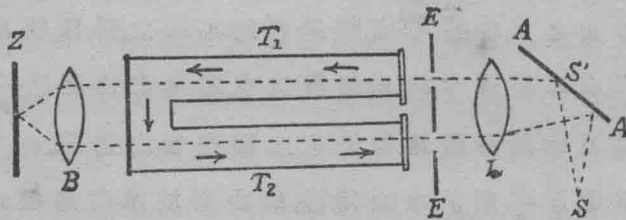
$$\frac{\frac{c}{\mu} \pm w}{1 \pm \frac{c w}{\mu c^2}} = \frac{\frac{c}{\mu} \pm w}{1 \pm \frac{w}{\mu c}} = \frac{\left(\frac{c}{\mu} \pm w\right) \left(1 \mp \frac{w}{\mu c}\right)}{\left(1 \pm \frac{w}{\mu c}\right) \left(1 \mp \frac{w}{\mu c}\right)} = \frac{\frac{c}{\mu} \pm w \mp \frac{w}{\mu^2} - \frac{w^2}{\mu c}}{1 - \left(\frac{w}{\mu c}\right)^2}$$

如前所述, 光之速度極大, 如水之速度, 直不能與比較, 故 $\left(\frac{w}{c}\right)^2$

之數極小，實驗觀測時，比之於 1 雖捨棄之亦無不可，如此則上式可簡約之如次：

$$\frac{\frac{c}{\mu} w \left(1 - \frac{1}{\mu^2}\right) - \frac{w^2}{\mu c}}{1 - \left(\frac{w}{\mu c}\right)^2} = \frac{\frac{c}{\mu} \left\{1 - \left(\frac{w}{c}\right)^2\right\} \pm w \left(1 - \frac{1}{\mu^2}\right)}{1 - \left(\frac{w}{\mu c}\right)^2} = \frac{c}{\mu} \pm w \left(1 - \frac{1}{\mu^2}\right)$$

即光對於水之速度雖為 $\frac{c}{\mu}$ ，而對於與光同向，對於水有 w 速度觀測者，則遲 $w \left(1 - \frac{1}{\mu^2}\right)$ ，若觀測者有反對方向之速度，則光之速度當速 $w \left(1 - \frac{1}{\mu^2}\right)$ 。此時連繫於對於水之觀測者之速度或對於觀測者之水之速度 w 之係數 $\left(1 - \frac{1}{\mu^2}\right)$ ，即稱為前述之夫累涅爾牽引係數，為八十年前夫累涅爾氏所算出者。此係數已由飛左⁽¹⁾氏之實驗證明其確實，後又由邁克爾孫及近年之最曼氏反覆實驗，皆得一致之結果。



第 5 圖

飛左氏之實驗，可簡單圖示如上，循矢之方向流水於 T_1 ， T_2 二管，由一點發出之光，以相同之方向分二股射於管中，使一方之光進於水流之同向，一方之光進於水流之反對方向，

(1) Fizeau

而測其速度之差，以觀與水流速度 w 之關係。此牽引係數，亦可由普通之電子論而算出之，而由此一見奇妙之愛因斯坦公式算出者，竟與他方面所得之結果相同，非惟饒有興趣，且足證其公式之正確。

第三章 二原理之開展

基於上述二種根本的原理之特殊相對性理論，依深奧的高等數學，為極重大的開展。蓋欲使二原理一致成立而不相矛盾，不得不訂正自然之法則，變更空間，時間等之觀念。而其結果，皆與從來物理學上之所信者全然不同，奇論珍象，極難捉摸，今逐次略舉如下。

欲知開展之究竟，須先明開展的基礎之羅倫徹變換式。今設有一長列火車進行於一直線之軌道上，更假想一其他之運動體，例如步行於列車中之乘客，依特殊相對性理論之第一原理，其對於軌道及列車之速度各不相同。然若此運動體為光，則由其第二原理，無論對於軌道列車，其值皆為同一之 c 。此種外觀上之矛盾，將如何而後可消滅？依第二假說，欲使光速度恆為常數，則於由列車之基準體移於軌道之基準體時，對於空間及時間之大，不能不有一定之變換法則，此即為羅倫徹之變換式。

定空間之點之位置時，常假設互成直角之三平面，恰如室中之一隅，由此點引三垂線於三平面，令其垂線之長為 x ,

y, z , 而一點位置以定。此三垂線, 解析幾何上謂之坐標⁽¹⁾, 三平面謂之坐標面, 總稱之為坐標系。欲定一點 P 對於軌道之位置時, 用軌道特有之坐標系; 定其對於列車之位置時, 用列車特有之坐標系。今以前者為 S' , 其坐標為 x', y', z' , 後者為 S , 其坐標為 x, y, z 。若 S 與 S' 合致時, 則有次之關係:

$$x' = x \quad y' = y \quad z' = z$$

若列車以一秒 v 之速度進行於軌道上, 則於合致以後 t 秒時, 依舊力學有下述之關係:

$$x' = x - vt \quad y' = y \quad z' = z$$

x, x' 之坐標, 取於列車之進行方向, S' 系與 S 系間, 有 vt 之距離。然在愛因斯坦之特殊相對性理論上, 則上式為誤, 蓋欲使其二假說不相矛盾, 氏以為不能不成立下述之三方程式:

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad y' = y \quad z' = z$$

兩系之時刻各為 t' 及 t 時, 其間之關係如次:

$$t' = \frac{t - \frac{v}{c^2} x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

合此四式, 稱為羅倫徹之變換式。愛因斯坦之理論, 皆依此變換式為基礎而開展, 蓋皆為由此脫化之結果。

第一為長之單位, 長之單位, 已非一定不變, 如以 S 系之

(1) Co-ordinates

單位，測固定於一對於 S 系以一秒 v 之速度而運動之一 S' 系之運動方向之長， L 槓之棒時，其結果為 $L\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$ 。即運動系之一槓，在靜止系觀之，祇為 $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$ 槓；換言之，即物體之長，於運動之方向，以 $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$ 之比率而收縮。長之單位，何以因兩系而有變化？於上述之羅倫徹變換式亦可見之。以後均從省略，不再贅述。此長之單位之變化，相當於前述之羅倫徹收縮，速度愈大，收縮愈多。 v 等於 c ，即運動物體達光之速度時， $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$ 為 0，於運動之方向，遂不見其長。若至光速度以上時，此式成為虛數，長之虛數，不可索解，故其結論為無論如何物體，不能有光速度以上之速度，即光速度為速度之極限值。

第二為時間之變化，今就其結論言之：靜止時鐘表之遲速雖皆相同，若一表對於他表運動時，則由靜止者觀之，運動者之進行常遲。即若由靜止系之時間判斷之，運動系之時間較長。若以精密之數字表之，運動者之 t 秒，由靜止者觀之，常相當於較小之 $t\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$ 秒，而時間略長。若 v 等於 c ，則 $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$ 成為 0，故由靜止系觀之，以光速度之速力而運動之物體，毫不經過時間，即在運動系雖不過一轉瞬間，而在靜止系則已經過長年月日。如傳說中之所見，有人以極大之等速度，騎龜游行於海中，在彼思之，以為僅三年，實則已經過三百年之長久歲月。又如雙生之子，一人留於其生地而不稍動，一人常旅行於各處，則後者常較前者為少壯。依此時間單位之變化而得之結論，亦為無光速度以上之速度。

第三爲時刻之觀念，簡約言之，在一系統雖爲同時刻，在他系統則不相同，此雖可由羅倫徹變換式導出，然亦可推想之如次：今設於靜止系 S 之 AB 二點起一種事象，若起於同時，則此時由 AB 所發之光，必相合於 AB 中央之 M 點。然今若以他運動系 S' 判斷之則如何？於 S' 系之相當於 AB 之二點中央之 M' 點判斷時， M' 點進行而迎合之光，必較由後追來者先着，即 S 系之同時刻，移於 S' 系則不能相同。由上述三種結論觀之，知時間，長短等，皆爲各坐標系即標準系所固有，決無共通而絕對者。

第四爲關於質量之結論，由靜止系 S ，測以速度 v 而運動之 S' 系之質量 m' ，則見其增大 $\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ 倍，即運動體之速度愈大，其質量愈增，達光速度時，則爲無限大。此與由電子論所導出者，結果相同。

以上所述，爲由愛因斯坦相對性理論所導出之結果中之最重要者，他如前述速度合成式 $1 \pm \frac{uv}{c^2}$ 等之足爲物理學的革命之問題，雖尚有種種，然皆有賴於高等數學而後能理解，若祇略述其結論，又恐反生誤會，故不得不即止於此。然此處所須注意者，相對性理論，惟於速度極大時方有顯著之結果，若較光速度甚小，則其變化殆不可見，仍可循舊來之法則。就式言之，上述之結論皆與 $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$ 有關係，若 v 即物體或一系統之速度，較 c 即光速度極小時， $\frac{v^2}{c^2}$ 成爲 0，此式之值即

成爲1, 與無此式時結果相同。雖然, 其根本的觀念之意義變化, 則不能滅卻。又 v 等於 c 時, $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$ 成爲 0, $\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ 成爲無限大, 其變化爲最大。

第四章 閔可夫斯奇之四元世界

由前所述, 而知從來之時間及空間的觀念已破, 新者須出而代之。然同時又知時間與空間不能獨立存在, 即離開時間無空間, 離開空間無時間。俄國之閔可夫斯奇⁽¹⁾即基此推想, 與相對性理論以整然的數學之形式, 而愛因斯坦之理論, 更因此而增其光輝。閔可夫斯奇之論文發表於1908年, 而其理論亦極難解, 茲略述說其梗概如次。

由前所述, 已知空間一點之位置, 可用 x, y, z 之三坐標以定之, 然時間之關係則不得而知, 於是閔可夫斯奇又加以時間之坐標 t , 想定一時空結合之四元空間⁽²⁾。依此四坐標表出之點, 名爲世界點⁽³⁾, 此世界點之集合, 名爲物理學的世界⁽⁴⁾, 而以吾人知覺之對象, 不能不常爲此時空結合之世界現象。氏用時間與光速度 c 及 $\sqrt{-1}$ 之相乘積即 $\sqrt{-1} ct$ 之虛數, 以表時間之坐標, 依此可使時間之坐標與 x, y, z 之三坐標完全等值, 且可以數學公式表現足以滿足特殊相對性理論的要求之

(1) Hermann Minkowski (2) Space of Four Dimension (3) World-

Point (4) Physical World

自然法則，更依此可知由一坐標系移於對此運動之他坐標系時，即等於由此坐標系能移於靜止而異其坐標軸的方向之他坐標系。閔可夫斯奇之說所以惹世界之注意者，因其時間坐標與空間三坐標之關係，與數學上非歐幾里得幾何學⁽¹⁾所論者全相一致故也。

以 $x y z$ 之三元表出之空間，雖可以眼觀之，然加入 t 之四元空間，則祇能想像於腦海中。閔可夫斯奇之理論，為對於相對性理論之極重要之研究。次述之一般相對性理論，皆胚胎於此。即以空間之變形，代宇宙引力之思想，亦無非出於此四元空間。

第五章 一般相對性理論與其實證及宇宙觀

特殊相對性理論所規定者，為對於一基準體 S ，及對此為等速度之直線運動的基準體 S' 二者之自然法則的平等。後愛因斯坦更進而主張無論基準體 S, S' 相互為如何之運動，對於自然之法則皆為平等，而限定特殊者為一種極限。氏之一般相對性理論之研究，始於1911年而完成發表於1915年。茲擇其二三重要者介紹於次。

愛因斯坦欲解決其相對性理論，能否適合於一般基準體，曾先就關於宇宙引力之考察而求之。基於加速度之慣性的質量，與基於重之重力的質量⁽²⁾完全相同，既已知之，何為基

(1) Non-Euclidean Geometry (2) Gravitational Mass

於加速度之質量？加力於物體，則物體以相應於此力之加速度而運動，此時力與加速度之比常有一定，此比即相當於所謂物體之質量，而為物體之所固有。何為重力的質量？放開手中之蘋果，其所以墜地者，因有重力之作用，地球上一定處所之重力雖有一定，依此所起之重，則因物體而各異，此物體之重與地球重力之比，亦稱為物體之質量，即所謂重力的質量。由地上高處落下物體，若其高一定（且無空氣之抵抗），則無論其物體為木為石，皆以同一之加速度而下落。一定之高者，即其處重力場之強為一定。若重力場之強與加速度之比為一定，則任何物體之重力的質量與慣性的質量之比，亦不能不有一定，而視所用之單位如何，能使其比為1，即加速度與重力，本質上同為一物。氏更推而論之，適用此理論於宇宙引力，而假定宇宙引力與因加速度而生之力，本質上皆為同一。

火車之急動急停，常與吾人以激動，固皆以為火車速度之變化，而非軌道對於火車改其速度。等速運動皆為相對的，已如前述，此時之加速度的運動，可以視為絕對乎？即視為絕對，其運動將以何者為標準？殊為疑問。於是愛因斯坦即假定吾人所以感加速度者，因空間變形而呈曲率；此假想於四次元之非歐幾里得的空間為可能。加速度時如此，則引力時亦復如此，愛因斯坦遂以空間之變形代宇宙引力，而吾人之所以感知重量者，亦基於空間之變形。變形之非歐幾里得的空間內之運動，當然與歐幾里得的空間內之運動不同。觀於月

球，若其欲離開地球之遠心力與吸引於地球之引力相平衡，則其運動當為直線；何故而為圓運動，此蓋因地球之引力，其周圍的空間變形之故。一般變形空間內之自由運動，皆為曲線的，此即示後述通過太陽附近之恆星之光所以彎曲之故。歐幾里得空間之最短距離為直線，非歐幾里得幾何學上者為曲線。牛頓力學之最光大的產物為宇宙引力之發見，然近來則以為無一物質的空間能傳送引力之說，頗難索解。由愛氏之假定，則此種困難可以冰釋，而引力之說明，亦可直得其解。氏之理論，以為凡運動皆相對的，對於任何運動之觀測者，皆可依適當時間，空間的判斷，成立同一的運動律。

可以實證愛因斯坦之一般相對性理論者，有數種重要之天文學上的觀測，一為水星之近日點，他為恆星之光通過太陽附近時之彎曲。牛頓之引力定律所以優越者，因其於觀測實物之前，能以理論發見海王星，且依此定律可以豫知日蝕，月蝕行於何月何日何時何分，遂以為天體間之關係，無不可依此定律而解之。然水星之近日點，則不能依牛頓定律而理解。水星之近日點，無一定之位置，於一週轉間，常有極少之偏差，百年所積，雖僅為四十三秒，然實際能觀測而得之。水星為最近於太陽之行星，其近日點所以有偏差者，即以太陽為中心之水星的橢圓軌道，非完全封閉，而形成螺旋狀以進行故也。多數天文學者固嘗苦思研究欲依牛頓定律而說明之。其中有人以為受吾人現向未知之天體之影響，故久無確定

之解決。然依愛氏之理論，則不惟近日點之變位理由，即其大小，亦可正確說明；對於他種行星，此理論亦能適用，惟因距日極遠，變化極少，普通不得見耳。

又依愛氏之理論，光線應彎曲於引力場，即由恆星達於地球之光，通過太陽附近時，因引力場即空間之變形，彎曲其通路，若攝星之影而觀之，當見其異於實際應在之處所。此種觀測以全蝕為最好機會；1919年英國派遣大規模之觀測隊，利用非洲及巴西之全蝕，觀測七個恆星，所得實際之結果，與理論略相一致。1922年之九月，此機會再現於南洋，愛因斯坦亦加於遠征隊中以從事觀測，其結果不久當可發表。若其結果能與理論相合，則知愛氏之說為正確，否則其說必破，故其觀測極為重大，而世界學者皆引領而望其發表也。

依一般相對性理論之時間及空間的觀念，可簡略述之如次：尺度之長，因重力場而變化；鐘表之進行，因重力場而有遲速。

相對性理論之概要，已略述如前，今更述愛因斯坦宇宙觀之輪廓於次，以結此篇。宇宙之有限無限，為自古所欲知之問題，而其究極必無窮無限，為吾人從來之思想。然此有種種難點存焉。若星辰以平均之密度分布於無窮，則引力之強必於無限之遠方為無限大，頗難理解。為除此種困難，不得不假定宇宙之全天體有中心，星辰密集於其周圍，離心漸遠，其分布漸疏；然此亦非滿足之思考，且由星體發出之光及星系之

個個星辰，若常進向無限而不復返，則此有限部分之物質世界，不得不系統的漸次滅亡。於是栖力華氏遂有修正牛頓定律之思考焉。然由愛因斯坦之理論，則宇宙之說明，毫無困難；氏以爲物體周圍之空間，因重力而變形爲非歐幾里得的空間，故以平均密度分布星辰之宇宙，雖無界限而能爲有限。即宇宙非爲無限實爲有限，此因空間變形，有一定之曲率，茲說其意義如次。

今以面爲例而言之，曲率半徑一定之面爲球面，無限大時爲平面，兩者皆非時，爲不定面。若以從來之歐幾里得空間爲平面，則非歐幾里得的空間如球面。若爲球面，則即無界限亦能爲有限。若宇宙爲如球面之有限，則直行於一定方向，必能返於原處，例如直行於地球表面上必仍歸於出發點。愛因斯坦之宇宙爲有限，基於空間之變形，空間之所以能變形，因其爲非歐幾里得的空間。此空間爲實質的而非空虛的。宇宙之擴大，基於其中物質之量，而其結論，即空間之曲率半徑與宇宙中全物質之量爲比例。物質之總量愈大，宇宙之範圍愈廣，若無物質，則曲率半徑爲零，而宇宙縮爲一點；即有物質，然後有宇宙。

由電子論而知牛頓力學已失其理論的絕對價值，由相對性理論而變時間，空間，質量等之舊來觀念。牛頓力學之基礎，既爲所破壞，而對於宇宙引力之說明，又從新解釋，故否定牛頓力學之聲浪漸次擴大，其中極端誇張爲全然破壞不復

爲用者，亦有之，實則牛頓定律，並非全無價值，其效力依然存在，惟由理論物理學上觀之，失其絕對的妥當性，不如愛因斯坦之精密正確而已。例如各行星之運動，固可以牛頓力學計算之而無誤，日蝕，月蝕亦能豫知，牛頓力學固仍保其正確也。惟水星之運動，則依相對性理論計算之者較爲精密正確，愛因斯坦說之價值卽在於此。一部分學者主張中學教科書中，須以相對性理論代牛頓定律，是未免過偏矣。

第五篇 量子論

第一章 能量子及光量子

現在物理學界之最新而最重要的研究，首推相對性理論及量子論。相對性理論，改變時空間及質量等之舊來觀念；量子論則對於能或作用⁽²⁾等之說明，別開新面，因之熱之輻射及光之傳播等現象，亦與從來之觀念全然不同。量子論為極近年之研究，未解決之難點尚有種種，其成就確立，固不能不俟之將來，然其所論者為緊急之根本問題，故簡單略述其梗概於此。量子論與相對性理論相同，若非專門之物理學者，其理論極為難解，茲當於可能之範圍內，盡其最善之說明；深奧之公式理論，則概從省略。

量子論之理解，有賴於能之說明，祇述概念，頗難領會，今舉數例，先明其為何物。如曳引車輛，伸長彈簧，皆因力之作用，使物體改變其位置或形狀。此種基於力之位置或形狀的改變，謂之工作或功⁽³⁾。功之量以所加之力及加力時所起變位之距離之相乘積而表之。例如作用 F 力於物體而起 s 之變位時，其所作之功為 $F s$ 。功之單位，可並用力之單位及長之單

(1) Quantum-Theory (2) Action (3) Work

位以表之，而力一達因長⁽¹⁾一種之功之單位，則稱爲一愛爾⁽²⁾。

他如流水下落而迴轉之水車，工場之機械，火車之車頭，電車之電動機等，皆因力而作功。然此等物體，如何可以作功，如何有作功之能力？皆因其有一種特別要素，此要素稱之爲能。換言之，即依適當之方法，能可以變而爲功。以人曳車而進行，以蒸汽壓汽機之活塞而迴轉飛輪，以電流迴轉電動機而轉動電車，其所以能作如此之功者，皆因有此要素之能。一物體所有能之量，可以其能傳與他物體之功之量以測之。物體之能，種類甚多，先就物體之運動而說明之。欲使物體運動一定之距離，須加以一定之力，即須要一定之能。反之，欲停止物體之運動，須於其運動之反對方向，加以相當之力。例如質量 m 之物體以速度 v 運動時，加不變之力 F 於反對方向，則物體之速度漸次減少，終至停止。物體於其間所作之功，等於力 F 與物體停止前所經過距離 s 之相乘積 Fs ，若由速度及質量之關係計算之，則爲 $\frac{1}{2}mv^2$ 。運動之物體，至靜止時能作功 $\frac{1}{2}mv^2$ ，即其所有之能較靜止時多 $\frac{1}{2}mv^2$ ，此謂之動能⁽³⁾。反之，欲與靜止物體以 v 之速度，所要之能亦爲 $\frac{1}{2}mv^2$ 。

非惟運動體已也，又如伸長彈簧，既與以 $\frac{1}{2}Fs$ 之能，故復其原狀時，亦能作同量之功，即較自然狀態多 $\frac{1}{2}Fs$ 之能，此隨於物體之特殊狀態，謂之勢能或潛能⁽⁴⁾。此兩種能，與物體之力

(1) Dyne (2) Erg (3) Kinetic Energy (4) Potential

學的狀態有關係，故統稱為力能⁽¹⁾。他如聲、光、熱、電、磁，皆各有其能，可以適當方法，變而為功。如上所述，能雖有種種異體，然此不過為因於狀態之區別，實則彼此皆相共通，可以互變。由實驗而知落物於水，則因摩擦而生熱。計算落體所作之功量及因溫度上昇而知之熱量增加，見其常有一定之比，即一定量之功，可以變為一定量之熱。一克之水由攝氏十五度上昇一度所要之熱量，稱為一卡路里⁽²⁾。由多數學者之計算，知其相當於約 4.187×10^7 愛爾，此謂之熱之功當量⁽³⁾。觀此可知能為根本的要素，可由功而變為熱。甲物體作功於乙物體時，與功等量之能，即由甲而移於乙。此亦為吾人日常之經驗，即功之動作，可視為能之移動手續。一切理化學的現象，皆不過為能的移動之產物。

能可由一狀態變為他狀態，已如上述，如攪拌水之動能，可使水之溫度上昇而變為熱能。能雖可以變化，然不能消失。攪拌水時所需要之動能雖似消滅，實則已變為熱能。合兩者而觀之，可見存於宇宙間之能，常不增不減，此謂之能常住定律⁽⁴⁾。

能之為物，已如上述，今更畧述熱力學函數增加之原理⁽⁵⁾。於次能常住定律，為熱力學之第一定律，此則為其第二定律。宇宙間之工作(功)，千變萬化，種類極多；若一種功必須一種

(1) Mechanical Energy (2) Calorie (3) Work-Equivalent of Heat

(4) Heat Energy (5) Law of Conservation of Energy (6) Principle of Increase of Entropy

能，則年長日久，宇宙之能不將消耗盡淨？然由第一定律，知能雖消費而不能消滅，其形雖變而量則不變，已如上所述，勿庸杞憂，雖然，第二定律則如何？熱之可以作功者，因其由高溫移於低溫時，所有熱能之一部變而為功，故熱之移動，以溫度之差為必要條件，然統觀宇宙，而知熱之為物，祇能由高溫移於低溫，而不能由低溫逆流於高溫，即宇宙間之熱，常由高而低，平均中和，溫度之差漸減，熱力學函數漸增，質言之，即能之量雖常住不滅，而可以作功之有效之能，則漸近於零，由此言之，宇宙死滅，似不可免，然究在何時，則不得而知？

如前所述，能之為物，似真正存在，然由哲學上言之，則又有以之為不過物理學的構成之概念者，究竟如何，殊為難題。

能之大要，已略明瞭，次述能的一種熱之傳播，以鐵棒置於火爐，則鐵棒漸熱，此為熱之接觸傳導，裝水於瓶，置於爐上，則瓶底之水漸熱，輕而上昇，上面冷水重而下沈，此種傳熱法謂之對流，流體氣體皆呈此現象，他如坐於火爐近傍，雖不與熱源接觸，亦感其熱，此種傳播謂之輻射，物體之所以有熱，由於構成物體之分子或電子以高速度而振動，所感之熱即為分子或電子之動能，故溫度高者，振動必劇，接觸傳導，因高溫部之分子或電子，與低溫部之分子或電子衝突作功，而移動其能；熱之輻射，因其振動之能直接放射於空間，量子論最初之蒲郎克⁽¹⁾氏能量子論，即起因於熱之輻射之研究。

(1) Max Planck

物理學上有所謂黑體⁽¹⁾者(或完全放射體),爲能全部吸收一切波長的輻射波之理想的物體,對於黑體所發輻射波之波長及能,雖有維恩⁽²⁾及累力⁽³⁾等根據馬克斯維耳之電磁波說而立之理論式,然皆不完全而不能應用,後蒲郎克基於一種極大膽之新假定而立式,然與實測之結果固完全相同也。

其假說如何?述之如次:放射輻射波的高溫固體之內部,常爲活潑而不規則的分子運動,此固爲一般所承認之假說。因之分子內之電子,亦爲激劇之振動,波動的傳播其能於四方,遂生種種波長種種振動數之輻射波,發射於周圍之空間。若分子立即放射其能而生波,則因其運動之不規則,其輻射波亦因之而不規則,然空間內所起之輻射波,乃爲有一定波長及一定振動數之規則波。於是蒲郎克氏以爲分子運動之不規則的能所以能變爲規則之輻射波者,其間不能不有媒介物,而名之爲振動器⁽⁴⁾,換言之,即黑體及其他之放射物中,有種種週期之振動器,祇協振於與自體週期相一致之分子運動,而發射相應之輻射波,故可以即得種種波長一定之輻射波。

蒲郎克氏假定振動器變分子運動能爲放射能而發出之狀態爲斷續的,而非電磁波說之所謂連續的;而振動器所斷續的射出之能,爲相當於其振動數之單元,由一定之單位而成,所放射之能,可以此單位之整倍數而表出之,此單位稱

(1) Black Body

(2) Wien

(3) J. W. Rayleigh

(4) Oscillation

爲量子⁽¹⁾普通以 ϵ 表之。即放射之能，常爲 ϵ 或其整倍數，此單位以下及其分數值皆不能存在。放射能之交換，皆以 ϵ 或其整倍數行之；熱之放射爲斷續的；此爲蒲郎克氏之第一假說，亦卽爲量子說之根本。

蒲郎克之第二假說，略述如次。能量子爲各振動器固有之量，與其振動數爲正比例。今若以 ν 爲振動器之振動數，則有下之關係：

$$\epsilon = h\nu$$

ϵ 及 ν 雖因振動器而各異， h 則爲一切物體之普遍的常數，稱爲蒲郎克常數⁽²⁾。其值爲 6.55×10^{-27} 愛爾秒。蒲郎克稱發射放射體內之能者爲振動器，具體的爲何物，雖未言及，然固體之放射，其振動器顯爲自由電子，前式之 ν ，卽自由電子之振動數。由蒲郎克假定而得之式，與從來電磁波說之式不同，其式與實測之結果頗相一致；其後足以證實此說之事實相繼而出，於是推廣或改訂之企圖，遂盛行於現代學界。此種事實，後當詳述，尤於低溫及振動數大時，其說之價值愈著，決非從來之牛頓定律所能說明。

蒲郎克說之所以重要而得爲革命的學說者，因古來之觀念，皆以自然界之現象爲連續的，牛頓之定律，亦以此觀念爲基礎。然電子論出，既對於物質之構造別開新面，而以電子爲最終單位；量子論出，亦闡明能之原子的構成，而背叛從來之信條；蒲郎克說發表，而非難攻擊卽來，誠非無故。

(1) Energy-Quantum (2) Planck's Constant

輻射能成於一定單位之倍數，爲斷續的而非連續的，此固爲量子說之出發點；然前式 $\epsilon = h\nu$ 中， h 之單位爲愛爾秒，即能與時間單位之相乘積，此爲作用之量，故知作用亦有 h 之單位，即所謂作用量子，而爲一定單位之整倍數；此實爲量子說之第二次的發展。

愛因斯坦更立光量子⁽²⁾之假說，而應用量子的觀念於光之現象，此假說以爲光波之能亦由量子而成，其傳播於空間之狀態宛如散彈；換言之，即光之現象，可認爲光量子在空間各部之散彈的進行。此對於能的連續發射之光之電磁波說，爲一革命之學說，而牛頓之微粒子說頗呈復活之觀。

量子論之發展，雖如此顯著，然今後將如何發達，與從來之學說將如何調和，尚爲未知之問題。惟與舊物理學以一種革命的刺戟，則爲不可掩之事實。從來之物理學的定律，皆以龐大之世界爲對象，而示物質之平均的性質，變化之普遍的性質。然現代科學，則以原子電子等單獨動作之精細微小的世界爲對象，故從來定律之不能適用，恰如個性之不可律以平均，固無足奇。例如軍隊之進行，遠觀之雖似爲連續的一列，近視之則爲個個的集合。以統計的定律應用於個個物質，恰如以軍隊連續的前進之定律，繩尺個個兵士之步行，其爲誤也，不言自明。依電子論而知自然界之現象，無論其爲物理的化學的，皆以電子爲最終的要素，而成於其離合運動。馬克斯

維耳之波動說，全基於大荷電體振動之電磁波，其不能適用於單獨電子振動之光之現象，固無足怪；而與以龐大世界為對象之古典的力學不能相容之定律，正所以支配原子的世界。

要之：從來之科學，皆以大規模之現象為研究之對象，近代之科學，皆以小規模之現象為研究之對象，其進步之精密，既可概見，而其事實又極重要，此種見解，蓋為欲脫離牛頓以來之因習的威力而入於新科學之境地者所必須經過之門徑。

第二章 證明量子論之種種事實

因維恩氏所作關於黑體輻射之波長及能之關係式與實驗不相一致，乃促蒲郎克氏量子論之出現，已如前述，維恩氏初以為黑體之輻射定律，可以一定之式表出之，此謂之維恩之變位律，其後氏又參入馬克斯維耳之定律而作一新式，然其後由德國二三學者之實驗，而知維恩之變位律雖與實驗之結果相一致，而其新式則否，祇能適用於振動數之大者，振動數小時，常有一定之偏倚，於是懷疑馬克斯維耳定律之有誤，而唱為此量子說，蒲郎克之式即以量子說之觀念矯正前式之缺點，不論 ν 之值為如何皆能適合，若 $h\nu < kT$ ，即振動數 ν 較之絕對溫度 T 甚小或 T 甚大時，此式即脫化為舊式，而

(1) Wien's Displacement Law

牛頓力學之定律亦能適合。由此式觀之，亦可知從來之力學定律祇適合於大規模的現象，而對於小規模的現象則失其效力，因 $h\nu$ 為能量子，故 ν 小即 $h\nu$ 小者，乃在量子之小數時也。

蒲郎克量子說之起源，已如上述，其後足以證明此說之事實為數頗多，茲擇其二三重要者述之於次。最初之例為低溫度時之比熱現象。定量物體之溫度增高一度時所要之熱量，雖因物體之種類而異，然對於一種物體則常為一定，此謂之熱容量⁽¹⁾，而物體一克之熱容量謂之比熱⁽²⁾。關於比熱，雖有度隆佩替⁽³⁾之定律，以凡固體之比熱與其原子量之相乘積皆相同一，約為 6 卡路里。換言之，即一原子之溫度增高攝氏一度所要之能，無論何種元素皆為共通之定數。然此定律原有例外，如碳、矽、硅等之輕元素，若不至極高溫度，則不能適用此定律，即可以較少之熱而能增高其溫度。最近由能斯特⁽⁴⁾等之研究，而知溫度極低時，無論何種物體，其原子熱皆低，而此不規則的現象，尤以輕元素為最著。此種事實，以從來之觀念極難解決，故不得不依量子論而說明之。溫度之上昇，原為物體內原子之動能的增加，故欲使物體之溫度上昇一度，不能不與原子以一定之運動。然若依從來之能等分律⁽⁵⁾，一切原子皆均等的吸取所與之能，則度隆佩替之定律，應於任何溫度皆可適用，而實際則否。此種在低溫度時違反定律之物，可認為其

(1) Heat Capacity (2) Specific Heat (3) Dulong and Petit (4) Nernst

(5) Law of Equi-Partition of Energy

原子中之一部吸熱，他則全不吸收，此雖與從來之觀念相反，然與量子的觀念則無不合；即量子說以爲周圍之分子運動所與原子能，若未達一定之單位量 $h\nu$ ，則不能被其原子吸收。原子量愈小，振動數愈大，溫度上昇所要之單位能 $h\nu$ 亦大，故元素愈輕愈須至較高溫度，方能適合度隆佩替之定律。量子的觀念之正確，固可由愛因斯坦理論上依量子說所作比熱之式與實驗全相一致而知之，而低溫度時不規則的事實之存在，亦可由前述蒲郎克式而知其妥當。

比熱現象，爲證實量子論之外證法，則波耳⁽¹⁾之原子構造說，可謂爲其內證法，即由原子之構造，而知量子的觀念爲正當。波耳之說，謂原子以帶陽電之核爲中心，電子迴轉於其周圍數重之同心圓的軌道上，電子迴轉於一定軌道時，不起放射作用，即無能之消費，若電子由一軌道而移於他軌道，則放射之作用以起，由此觀之，放射之發現爲急激的變化，故所有之能不能不爲量子的；若相隣二軌道之間所發散的能之量爲 $h\nu$ ，則一軌相隔時爲 $2h\nu$ 。波耳氏已由此而理論的證明關於氫分光景之事實；即由中央依次順數，自 2, 3, 4 等軌道移於 1 軌道時，放射作用以起，各現特有之分光景；電子由 2 移於 1 時，現出氫分光景之第一線，由 3 移於 1 時，現出其第二線。

又有所謂光電效果之現象者，亦可以量子論說明之。投

(1) Bohr

(2) Photo-Electric Effect

射紫外線於金屬面，則由其面飛出電子，金屬帶陽電性，此謂之光電效果之現象。此時飛出電子之發射速度，祇因投射紫外線之振動數而異，與其強無關。例如變更紫外線與物體間之距離，或置吸收屏障於其間而增減光之強度，電子之發射速度毫無變化，惟光度強時飛出電子之數較多而已。若為鈉鉀等之強陽電性金屬，則雖投射較紫外線之振動數甚小之普通光線，亦起光電效果之現象。

此現象於 X 線或 γ 線時亦見之。投射 X 線於氣體，使電子飛出，其速度亦與氣體及投射線間之距離無關，即與 X 線之強度無關，惟因其硬度即振動數而異。電離的電子所有之能甚大，幾與 X 線的本源之陰極線相匹敵，宛如個個之能以固有之力由陰極線移於 X 線，由 X 線而移於飛動電子。

如上所述紫外線或 X 線發射電子時之事實，依舊來之波動說不能說明，若依量子說（即存在於原子內之電子，即所謂光電子者，吸收光量子 $h\nu$ ，脫出於母體原子）而解釋之，極易明瞭。今若以投射於物體之紫外線或 X 線，譬之敵人之軍隊，由遠觀之，雖宛如長蛇之連續的進行，實則為個個兵士之步行的集合。前者為從來波動說之觀察，後者則為最近量子論之觀察。次如軍隊與敵人衝突時，若其行軍之中途有為敵彈所擊斃者，則軍隊全體之勢力不免減殺，此與紫外線或 X 線中途遮斷而減少其全體之能者全然相似。然個個兵士之戰鬥力毫無變化，亦與個個能單位之毫無變化相同。今由遠方

觀之(波動說),軍隊全體之戰鬪力(即放射線)之能,雖似均一的減少,然由近觀之(量子說),則祇失其單位之倍數。殘餘之能之單位未失其力,故衝於金屬面時,仍能為其個個之力(即相當於其振動數)之動作,即以一定之速度使電子發射。如上所述,若以紫外線及X線之能,為個個能單位之集合,則光電效果極易說明,而其單位即所謂愛因斯坦之光量子⁽¹⁾此說之正確,已由密力康之實驗而證實之,誠為能媒波動說之一大打擊。惟於說明光之干涉現象,頗為迂拙,將來須更加改正而調和之。此外雖尚有種種難於說明之點,然原子論所與物理學之波動,則恐無已時。

(1) Light-Quantum

第六篇 膠質化學⁽¹⁾

第一章 分散系及膠質系

膠質化學，爲最近發達之化學的一分科，研究極盛，而開其基者，爲前世紀後期格累安⁽²⁾之實驗。膠質化學之研究對象，爲物質之狀態，固屬於物理學之範圍，惟因材料處理及其他種種關係，多爲化學者所研究，而成爲物理化學之一重要科目。自格累安之研究以來，知一切物質皆在於膠質的狀態，凡在膠質的狀態之物質，無論何者皆可爲研究之對象，故其應用範圍極爲廣汎，生物學方面亦受其影響，構成生物身體之細胞，有膠質的結構，故說明生物之生理現象時，不能不藉助於膠質化學，而對於其他方面，亦有極重大之應用。

讀科學史，每見日常見慣之事實，往往有因人之不注意而久置不問者，然一經注意，則急激發達，且既常現於吾人之前，其功用乃益重要，如今述之膠質化學，即其最著之一例。

膠質⁽³⁾之名雖新，而其現象則無足珍奇，茲略述二三實驗如次。作食鹽及石花菜之溶液，各盛於適當器內，張膀胱膜於玻璃或陶器圓筩之底，浸於各溶液內，數小時後而檢視之，則

(1) Colloid Chemistry (2) Graham (3) Colloid

見兩溶液有不同之點。食鹽溶液滲透膀胱膜而入於圓筩，石花菜溶液則為膜所阻而不能透過。雖然，其膜已顯為所壓迫於筩之內部，故可推測其亦有滲透之傾向。次注一定容積之石花菜溶液於食鹽溶液中之圓筩內，稍放置之，則見筩內溶液之容積漸次增加，此蓋因石花菜溶液為膜所阻而不能滲出，食鹽溶液則可自由滲入之故。第三，如取溷濁河水，以濾紙濾過而除其沉澱，則得清澄之濾液。此濾液雖似清澄，實則其中則有無數細粒，若盛於玻璃器內，遮斷周圍之光亮，然後以透鏡集日光而照之，尙可見有光輝之細粒。日光射於暗室，則見空中有飛塵者，與此同理。

上述實驗，不惟於表示膠質之性質上最為重要，且於歷史上亦甚著名，即第一第二為格累安 1860年之所試，第三為丁鐸爾⁽¹⁾所精詳研究，名為丁鐸爾現象。

最初格累安就種種物質之溶液，行相同的實驗，知物質之溶液，有能透過膀胱膜及不能透過膀胱膜之二種。前者如砂糖，食鹽等有結晶性，後者如膠或石花菜等為無定形不能結晶。故依其性質而與以晶質或膠質之名。至用膀胱膜以分析此二種物質之方法，名為透析法。⁽²⁾

當時固以為晶質膠質之分子結合狀態全不相同，一切物質皆可分屬於此二大種類，然三十年後，乃知兩者之間，無本質的差異，可以互相變化。例如肥皂之酒精溶液雖為晶質，

(1) Tyndall (2) Dialysis Method

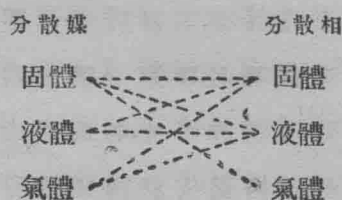
其水溶液則為膠質，常因媒質如何而性質亦異。若用適當方法，則食鹽之水溶液亦能成為膠質溶液。故知所謂晶質膠質者，不過為物質之一狀態，向之稱為膠質者，實則應稱為膠質狀態之物質，欲知其詳，茲先說明所謂分散系。

媒質中有他物質的微粒子之散在，其狀態一般稱為分散系⁽¹⁾，媒質稱為分散媒⁽²⁾，微粒子稱為分散相⁽³⁾，如前例之水為分散媒，石花菜或土砂之粒為分散相。分散媒及分散相，無論氣體固體液體皆可，如第 6 圖所示之種種，均稱之為分散系，惟當氣體分散於氣體中時，直相混合，故不得見。

分散系中之以液體

為分散媒者其例最多。泥水之分散相為固體，牛乳之分散相為脂肪粒之液體，水中浮有氣泡時，其分散相為氣體；分散相為固體者稱為懸浮液⁽⁴⁾，液體者

稱為乳狀液⁽⁵⁾。氣體中分散以固體者，例如浮於空中之煙塵，分散以液體者，例如雲霧。以固體為分散媒者雖似極少，實則玻璃之紅色乃因有金之細粒散在其中，紫水晶，煙水晶，麗色之寶石及諸種金等，亦皆為此類。分散液體或氣體於固體中者，



第 6 圖

(1) Disperse System (2) Dispersion Medium (3) Disperse Phase

(4) Suspension (5) Emulsion

岩石中亦屢見之。

如上所述，分散系之種類雖多，而所謂膠質，則指其中粒子之有一定程度之大小者。濾過濁水時，分散於水中之無數粒子中，惟微細者可透過濾紙，餘則殘留於紙上，紙上之粒子雖可以肉眼或普通顯微鏡見之，而含於濾液中者則頗難分辨。更以膀胱膜透析濾液，又可分為滲透及不滲透之二種。透過膀胱膜之溶液稱為分子溶液⁽¹⁾。各粒子以分子的狀態而存在，無論用如何方法亦不能一一識別；砂糖或食鹽溶液皆屬之。為膜所遮阻之粒子，較此粗大，若以應用丁鐸爾現象所製之度外顯微鏡⁽²⁾觀之，略能認明粒子之存在。此種粒子名為次微子⁽³⁾，較此粗大者名為微子⁽⁴⁾，較此更微細者名為高微子⁽⁵⁾。所謂膠質系者，概為含次微子之分散系，而以液體為分散媒者，即為膠質溶液。含較膠質溶液中粒子粗大之粒子者，稱為粗懸液⁽⁶⁾，較微細者為分子溶液，然此為倭爾夫岡奧斯特瓦德⁽⁷⁾及稷格蒙狄⁽⁸⁾等之所定，其間並無明瞭之界限。最初格累安所稱之晶質，不過指高微子以下之分散粒子而言。

冷却石花菜溶液，則變為彈性之固體，加熱於牛乳及蛋白質類，亦呈同樣之變化，此現象謂之凝固⁽⁹⁾。最初之液狀者稱為溶體⁽¹⁰⁾，其後之固化者稱為凝體⁽¹¹⁾。膠質溶液研究之初，雖以媒質為祇限於水，後漸知酒精與醚等之有機物，亦可用為溶劑。

(1) Molecular Solution (2) Ultra-Microscope (3) Submicon (4) Micon
(5) Amicon (6) Coarse-suspension, Suspensoid (7) Wol. Ostwald (8) Richard Zsigmondy (9) Coagulation (10) Sol (11) Gel

媒質爲水之時，常稱爲水溶體，⁽¹⁾水凝體酒精時，常稱爲醇溶體，醇凝體。⁽²⁾

第二章 膠質溶液之製法及度外顯微鏡

懸浮膠質及乳狀膠質，性質既異，故製法亦不同。懸浮膠質得之較易，茲先述其一二製法如次。

分散物質之細粒於媒質中，是爲膠質溶液。故若以適當方法裂碎物質爲微粒子而混於水中，則可得之；惟其直徑爲一耗之幾萬分之一，故此種微粒子亦頗不易得。布勒狄茲⁽³⁾利用電力始漸成功。今以所分散之金屬爲陰極而通以電流，則放電而生火花，金屬成爲微粒子，飛散於水中。凡金、銀、錫、銻、鉛等之金屬及碳、硅、硫等之非金屬，皆能依此方法製成懸浮溶液。

如上所述，爲分散粗粒之方法。反之，依一種作用，凝集含較膠質尤微之粒子之所謂分子溶液爲較粗之粒，亦能達相同之目的；前者謂之分散法，⁽⁴⁾後者謂之凝集法，⁽⁵⁾前者爲物理的方法，後者則爲化學的方法。其法頗多，不遑盡述，如以甲醛⁽⁶⁾之還元劑作用於金氯氫酸之溶液，則得金之膠質。

乳狀膠質，以人工頗難得之，除硅酸、錫酸及二三種有機質外，概皆成於天然。然其種類極多，如動物膠⁽⁷⁾、石花菜、蛋白質

(1) Hydrosol, Hydrogel (2) Alcosol, Alcogel (3) G. Brediz (4) Dispersion Method (5) Condensation Method (6) Formaline (7) Gelatine

類,澱粉,糊精等之高級碳氫化合物,⁽¹⁾鞣酸,⁽²⁾樹膠,⁽³⁾纖維素,細胞之原形質及種種色素類皆屬之,故於生物學上,亦甚重要。

欲區別膠質溶液與普通之分子溶液,雖用二千倍以上之擴大顯微鏡,猶不充分(膠質溶液亦有呈特殊色彩如乳光色而易於識別者),此非因器械之不備,蓋由光學理論言之,亦可證明此種膠質的微粒子不能一一辨認。古來固久欲發明可以識別分子溶液中的分子之顯微鏡而未能成功,然有一分努力,必有一分報酬,所期目的雖未能全達,而度外顯微鏡之發明,則多賴於此。自此以後之二十年間,膠質化學之進步,實堪驚異。

器械之構造屢經改良,今已略達理想的境域,而其原理則與稷格蒙狄等初發明時毫無差異。簡單言之,可大別為光源之發光設備及普通顯微鏡之二部。光源用日光亦可,惟須有一定光力,故以電弧光燈為最宜。置膠質溶液於上面及一側有玻璃窗之器內,遮斷周圍之光亮使成闇黑,以透鏡集聚由光源而來之光,射於橫面之玻璃窗,自上部以顯微鏡觀之,則見個個粒子輝耀如星,其光輝之美麗,頗難說明,概起於光之迴折現象。粒子之輪廓,不能識別,惟因其光輝,可知存在。

存在既知,粒子之大小則如何?其決定方法雖因人而異,所得結果,則膠質粒子概在次微子之範圍以內,即以一耗之百萬分之一($\mu\mu$)為單位而測之,其直徑約為 $100\mu\mu$ 至 $6\mu\mu$,其

(1) Tannic acid (2) Gum (3) Cellulose

大小常因物質及製法而各異，卷首插圖中金之膠質溶液，爲稷格蒙狄之所製，有 $150\mu\mu$ 至 $2-3\mu\mu$ 之數種；粒之大小不同，溶液之色亦異。

膠質溶液之色，因投射光線及透過光線而異其趣，如圖所示爲依透過光線所見者，即光線由側面透過溶液而來；粒子愈細，紫色愈濃，粒子漸粗，則現金特有之光輝，而一部漸次沉澱，如圖右所見，以強光照於橫側，則所照部分各現特殊之美色，如圖之上部所示，更以度外顯微鏡觀之，則見赤，黃，綠等之粒，輝耀於眼前，若以投射光線觀之，則多現青，綠或紫色，黃昏之晚霞，秋空之碧色，蓋亦因空中塵埃之同樣作用。

金非僅於水之液體中呈美色，即分散於固體中時亦然，最普通者爲紅玻璃，分散於玻璃質內，與以美麗之紅色，寶石類之有美麗色彩者，亦多分散以種種金屬或其化合物，同一物質，因粒子之大小而異其色，又與其他性質有密切關係，實爲極堪注意之點。

鉑或銀之膠質亦能製成，常現黃褐色而稍濁，不如金之惹人注目，更研究他種物質，皆各異其趣，今封閉煙草之煙於玻璃管，而以度外顯微鏡觀之，則見由多數微細粒子而成，上下移動，極爲活潑，若照以日光，更現美色，頗爲一種有興味之現象，幾難信爲煙之正體。

茲更舉較膠質尤細之分子溶液中的分子之大小如次，例如砂糖(蔗糖)溶於水時，其分子直徑約爲 $0.7\mu\mu$ ，食鹽以電離

子之形存於水中時，其電離子之直徑約為 $0.3 \mu\mu$ ，較之膠質粒子中之最小者約為 $\frac{1}{10}$ 至 $\frac{1}{20}$ ，若以容積言之，則不過 $\frac{1}{1,000}$ 至 $\frac{1}{10,000}$ ，然分子溶液中之各分子，普通多相集成團，以所謂會合之形存在，而非個個分散，故知與膠質溶液之粒之大小殆難區別，而兩溶液之性質，其間原無根本的境界。

第三章 布拉文運動及電的移動

以度外顯微鏡檢視膠質溶液，發見多種從來所不注意之事實，而最顯著者為粒子之運動，如金液及煙草之煙，皆上下左右移動不息，粒子愈細愈活潑。

與氣體諸定律以明快之解釋者為分子說⁽¹⁾，此與分子在空間中常為活潑的運動之見解，合而為分子運動說⁽²⁾之根本。然此種學說，純為推論之結果，而無事實之證明。自發見膠質粒子之運動以來，雖尙未能見真正之分子運動，然已與其說以鞏固之基礎。膠質粒子與真正分子之大小固相差甚遠，然以此類彼，雖不中而不遠，膠質之為物，固可視為一種可見之分子也。

自膠質溶液研究以來，此種現象頗惹起理化學者之興味，而其發見乃成於百年前之植物學者，故尤覺珍奇。1827年布拉文⁽³⁾以顯微鏡檢視種種植物之花粉時，見其急激運動於水中，方向變換，時刻不定，蓋為一種極不規則之運動。此種事

(1) Molecular Hypothesis (2) Kinetic Theory of Molecule (3) Brown

實，非惟起於生物體，如雄黃之無機色素亦可見之，後更知凡微細粒子，皆呈此種現象，因名之爲布拉文運動。⁽¹⁾

此運動不因溫度或光線之作用而改變，即覆蓋於器以抑止溶液之蒸發及大氣流動之影響，或置於清夜無人之地而防其振動，其現象皆無變化。由此觀之，其運動非起於外加之能，能之供給者必爲溶液之自體；然此又久未能得其說明。後始知擴張氣體分子之運動說於液體分子，此現象遂可簡單解釋；相對性原理之創始者愛因斯坦，即爲數學的證明此說之一人。依此說則水之分子，亦與氣體分子相同，以一定速度而運動，與他分子衝突，則擊退之而自己亦變其進路；惟其運動之不可得見固不待言。水之分子衝突於花粉之大粒子，亦起同樣之現象，水之分子的運動雖不可見，花粉之粒子較大，故得見之；惟其質量既大，位置之變化極少，而水之分子又由四方而來，故其力相殺，頗阻礙運動。若爲粒子更細之膠質溶液，則其質量既近於水之分子，各方之衝突又不同時而起，故各方之力不平衡，遂運動於一種方向，更因其後之衝突，時時改變其速度，故呈前述之不規則的運動。此種現象，近藉活動攝影之力，精密攝影，研究益進。若稍加如食鹽之電解質於內，則運動漸緩，終至靜止，其作用因電解質之種類而異，此蓋因粒子集合爲一團所致。一般之膠質懸浮液，皆行布拉文運動，故以度外顯微鏡觀之，可見輝耀粒子之振動的運動。

(1) Brownian Movement

雖然，此種運動仍為局部的，各粒子之運動範圍甚狹，今若通電流於膠質溶液，則全體粒子開始集團的運動，是為電的移動⁽¹⁾現象。

自吾人自由應用電以來，理化學方面所發見之新事實，為數甚多。例如通電流於電解質溶液，依電解現象而得電離子之新形；強力放電於真空，發見克魯克斯線及X線等；放電於純水，可製任何物質之膠質；應用於膠質溶液時，亦發見一種新事實。

滿盛金之紫赤色膠質於U字形玻璃管，插入電極，通以微弱電流而觀之，各部之色，初雖均一，漸次則分濃淡，愈近陽極而愈濃，愈近陰極而愈淡，終至近於無色。用他種膠質，亦呈相同之現象，惟因種類之異，濃淡之極不能相同；此現象即所謂電的移動。因液中膠質移動於一方之電極而起，與電離子之向極之一方移動者相同。故電離子既視為帶電之原子，膠質粒子亦可認為帶電的粒子。帶陰電者，向陽極移動，稱為陰性膠質⁽²⁾，金，銀，硫，玻璃，黏土，澱粉等皆屬之；帶陽電者，向陰極移動，稱為陽性膠質⁽³⁾，氯化鉻，氧化鋁等皆屬之。此現象於乳狀膠質或煙中所含油煙粒子之氣體與固體間亦可見之。在水溶液中雖為陰性膠質，在酒精或松節油中⁽⁴⁾，亦有向陰極移動者，此變化於電粒子則無之，故可知此現象非僅因膠質粒子之

(1) Cataphoresis (2) Negative Colloid (3) Positive Colloid (4) Turpen-

性質而起，與分散媒亦有關係。

在同一媒質中，亦能任意改變其電性。加鹼性物於陽性膠質，則電為陰性之氫氧電離子所中和，遂逆轉其移動方向。加酸性物於陰性膠質，則因陽性之氫電離子，亦起同樣之變化。正在中和狀態時，當然不起移動，此點稱為等電點。⁽¹⁾

第四章 膠質之安定度及凝固作用

較水甚重之鐵船浮於水時，當時之人固無不以為驚奇，而今則皆視為當然，然同一之鐵，成為極細之粒即在膠質狀態時，亦浮於水而不易沉降，則迄於最近，雖知名之學者尚未能與以說明。膠質狀態的粒子，實際上極為安定，經時雖久，亦不沉澱，六十年前法拉第所製之金之膠質，今尚保存於英國。

其浮於水中之狀態，何以如此安定？粒子極細，常為布拉文運動，當然為其一因；膠質粒子之表面甚大，所起表面張力之影響，亦其一因；而粒子既帶電性，則同電相斥，亦能阻礙粒子之集合，有此種種原因，故常在雖欲沉降而不得之狀態。

膠質之表面甚大，為其重要特性之一，今欲為具體的說明，先試次述之計算。

各邊一厘之立方體，其表面面積為六平方厘。若分各邊之長為半厘，則得八個立方體，其總體積雖與最初無異，而表面積則增至二倍為十二平方厘。若更分為 $\frac{1}{10}$ 厘之立方體，其

(1) Isoelectric Point

表面積遂增至六十平方厘米分之愈細,增加愈大,如下表所示,實達於極堪驚異之數值。

立方體一邊之長	立方體數	總表面積
1 厘米	1	6 平方厘米
0.1 厘米	10^3	60 平方厘米
0.01 厘米	10^6	600 平方厘米
0.001 厘米	10^9	6,000 平方厘米
0.0001 厘米 = 1μ	10^{12}	6 平方呎
0.1 μ	10^{15}	60 平方呎
0.01 μ	10^{18}	600 平方呎
0.001 μ = $1 \mu\mu$	10^{21}	6,000 平方呎
0.1 $\mu\mu$	10^{24}	60,000 平方呎

一立方厘米之容積,若細分為近於膠質之粒子,則得六千至六萬平方呎之表面積。表面張力,比例於粒子表面之大而增加,故在膠質溶液內,其作用極為偉大。就比重言之,當然沉澱之物質,在膠質狀態時,所以能永久懸浮者,此作用當然為其一因。

膠質溶液,雖如此安定,若微加以電解質,則安定破而現沉澱,是為凝固作用。⁽¹⁾凡電解質無論於布拉文運動或電移動皆有影響,其作用由於與膠質粒子有反對的荷電之電粒子,中和膠質粒子所帶之電,而變化其膠質狀態。即粒子既失其電,粒子間即無相斥之力,互相集合以成大形,致布拉文運動漸緩,終至靜止而沉澱。

若以度外顯微鏡觀之,此事實可明瞭認識。膠質因電解

(1) Coagulation

質而中和之點，換言之，即雖通電流亦不見移動之等電點，亦即為凝固作用之開始點，若電解質之量尚不足以中和，則凝固作用無從而起。

凝固作用，於較膠質尤大之粒，例如懸浮於河水中之細土砂，亦能見之。尼羅河及長江口之數百方哩的三角洲，其成因固由於河水入海，運動漸緩而沉澱，然因海水中之鹽分而致懸浮之土砂急速沉澱之事實，亦不能忘却。加明礬於濁水而使之沉澱者，亦為此理之應用。

以上所述祇為懸浮膠質，而乳狀膠質較此更為安定，若不多加電解質，則不起凝固作用。乳狀膠質，非僅由種種鹽類可以沉澱，即非電解質亦有相同作用，如酒精、醚等皆可使之沉澱。此性質若能適當利用之，則蛋白質之分離，當非難事，故膠質化學於蛋白質之研究最為緊要。以大豆製豆腐時，加氯化鎂於磨汁⁽¹⁾(豆素)而使之凝固，固盡人皆知。

由溶體狀態變為凝體狀態時，其間常見有種種變化。冷却石花菜溶液，可見其黏度、彈性等增加極著。反之，若研究此等變化，亦可知其狀態變化之大概。多數學者由此方面研究之，已知溶體變為凝體時之速度，及電解質之種類對於速度之影響。懸浮膠質與乳狀膠質之間，除此以外，猶有相異之點：懸浮膠質之所有電，常因物質而一定，因電流而移動於一定方向；電解質之影響亦有一定，常因帶反對電之電離子而凝

(1) Regumine

固，頗有顯明之規則。然乳狀膠質之此等性質則極不明瞭，同一膠質，又因其溶液之鹼性酸性而異其電性；蛋白質類概屬於此，普通稱為兩性體。膠質凝固時，陰陽電粒子之作用，亦因其種類而不同，例如動物膠溶體時，硫酸鈉之作用較硫酸銹為強，又硫酸鹽之作用，皆較相當之鹽酸鹽（氯化物）為強。由此觀之，可知陽電離子時，鈉較優於銹，陰電離子時，硫酸粒子較優於鹽酸離子（氯離子）。

如上所述，為電離子對於凝固作用之影響，其對於溶液之表面張力，電解溶壓，黏度，彈性及其他之物理化學的性質，亦復相同，今若依其作用之強弱，順次排列電離子之種類而觀之，雖不無二三例外，然其結果殆相一致。由此而知電離子與此等性質間，必有密切之關係，惟再進一部之說明，則現尚未知。總之：此種排列，雖不過僅依次而定，然固有重大之意義，普通常稱為離體順列。⁽¹⁾

以他種膠質代電解質時，其變化如次。膠質皆帶電，二種相遇，若其電皆為同性時，固不起何等變化，若為異性，則互相中和，沉澱以起。然如此作用，乃指同為懸浮膠質或同為乳狀膠質時而言，若兩者相混，則不能如是簡單，加乳狀膠質於懸浮膠質，有時雖生沉澱，有時反助安定，此謂之保護作用。⁽²⁾

加定量食鹽溶液於定量之赤色金溶體，則其安定度破變為紫或青色而起沉澱，若豫加呈保護作用之乳狀膠質，則

(1) Lyotrope Line (2) Protection

可防止其變化。測定可防變色之最少量而以麩表之，稱為金數，以供比較。卵白及其他之蛋白質，動物膠，澱粉，亞刺伯樹膠等皆有此種作用，若利用之，可以保存易於沉澱之特種膠質溶液。

第五章 吸着現象

電解質與膠質溶液間之關係雖尚未明瞭，然吸着現象，不能不為其原因之一。此現象對於一切膠質狀態的物質皆甚重要，茲畧述之如次。

粗製砂糖之脫色，常用多量骨炭者，因炭之粉末，有集中溶液中色素於自己表面而使與溶液分離之作用，其他有孔性物質，吸收溶液中之溶質而附着於自己表面之作用，亦所在多見。詳細觀察，更知愈近物質之表面部分，溶質之濃度愈大，此現象一般稱為吸着⁽¹⁾。然因物質不同，其濃度亦有反見減少者；前者為正吸着，後者為負吸着。此作用不祇限於溶液，如木炭之防臭氣，為固體吸着氣體之例。

若吸着達一定之量，則成平衡狀態而停止進行（此時謂之吸着平衡），其總吸着量，因物質及其濃度而異，依夫壘因德力⁽²⁾之研究，已得其實驗的關係式。

此現象常起於物質表面，故與液體之表面張力，當然不能無關係。熱力學大家季布茲⁽³⁾於未知實驗的事實以前，已藉

(1) Adsorption (2) Freundlich (3) Gibbs

數學之力，申述兩者之關係，膠質之表面極大，故其表面張力及吸着現象亦最著，加電解質於膠質溶液，則膠質吸着之而增大其粒，更受電粒子之電的作用，使膠質狀態起種種之變化。

凡化學反應，皆行於物質表面，故表面愈大，則反應愈速，化學實驗時，或碎為粉末，或溶於溶劑，皆為此理之應用，又為觸媒時，表面之大小，亦甚有關係，例如二氧化硫與氧化合成三氧化硫之反應，為現今製造硫酸所盛行之方法，然直接作用之，頗難化合，若以微粒子狀態之鉑石綿為觸媒，則反應立起，但同為鉑，若用鉑板時，仍不相化合，此亦示表面大小之影響，膠質用於觸媒，亦有可注目之價值，鉑膠質對於二氧化二氮之分解及氫氧之直接化合，即其一例，布勒狄茲等對此深有研究。

澱粉糖化，酒精醱酵及對於動植物之一切作用有重要的關係之酵素等之研究，雖尚未精確，然其本質，則皆為膠質性物，其作用為一種接觸作用，而與吸着現象，亦有密切之關係。

與膠質之吸着有關係者，又有一種膨潤現象⁽¹⁾，浸動物膠薄片於水中，則吸收水分而增其容積及重量，放置數日，可達十倍，此性質於蛋白質，石花菜及海藻類等，亦可見之；其作用之大小，與溶劑之如何亦有關係，此時容積既增，故若防遏之

(1) Swelling

則生壓力。浸一握之大豆於水中，可現數氣壓至數十氣壓之壓力。若滿盛大豆於頭蓋骨腔內，而注水使之膨脹，則見骨片順縱而分離，其力之大概可想見。

此現象亦受電解質之影響，其強弱亦遵離體順列之次序，而尤以微酸性或微鹼性時，其作用最著。動植物細胞之原形質，亦為一種凝體，有上述之作用，由此作用常保留必要水量，同時刺戟其生長。沙漠地之植物或在生長點附近之細胞等常微帶酸性者，蓋有故焉。被刺於蜂蚊或因疾病而起之水腫類，亦有謂為相同之現象者，其他生物學，病理學上之實例，為數尚多。

以上所述，雖未能盡膠質之說明，然更詳細者，今不暇述，即停筆於此而移於應用方面。

第六章 膠質化學之應用

膠質化學之組織的研究，雖迄今不過三十年，而學術方面實用方面其應用之廣，科學界殆無其匹，即單舉其目前所見及者，亦更僕難數。

學術方面，如分析化學及合成化學等之反應，固多在膠質狀態互相作用，而蛋白質之呈色反應及有機質之非結晶形的狀態，亦多以膠質性而存在。攝影化學之軟片變化，亦不過由光線或現像之作用，而溴化銀等起膠質的變化而已。觸

(1) Film

媒之顯著作用，又多暗示氧之研究之途。眼所得見之分子之布拉文運動之研究，足以爲假說之分子原子說之重大根據。種種有色寶石之中，多分散以金屬；水晶成分之二氧化硅，以凝體之形而成蛋白石；因風化作用，長石可變爲膠質性之黏土；凡此種種，更與礦物學及地質學亦有關係。膠質化學對於生物學及醫學之地位，已如前述，而自知醫藥之膠質狀態有顯著之效果以來，治療法上已劃一新時代。又關於細菌⁽¹⁾作用之研究，所待於膠質化學之進步者亦甚大。

更觀之實用方面，則吾人周圍之所見，殆皆可謂爲屬於膠質系。凡動植物之細胞，⁽²⁾既皆爲膠質性物，則由此而成之衣服，染料，木材，皮革等，當然有密切之關係，而吾人之生活現象的自體亦無不基於膠質的變化，則其應用之廣，又焉能不令人驚異！若詳細研究，則消化作用，生長作用，亦無一能離膠質而能得其端倪。

他如假象牙⁽³⁾，人造絲，樹膠等，亦無非以適當方法變溶體爲凝體，與以彈性及其他之特有性質，以供日常之應用。色玻璃，人造寶石，磚瓦及一切合金，皆爲分散以他種固體粒子之固體。染色爲吸着作用之應用，水泥⁽⁴⁾（洋灰）則主爲硅酸鈣凝固作用之利用。土壤⁽⁵⁾，肥料之性質亦帶膠質性，故與農業亦不無關係。

電球之金屬絲，爲熔融耐熱性金屬之鎢金⁽⁵⁾爲膠狀溶液。

(1) Bacteria (2) Cell (3) Celluloid (4) Cement (5) Tungston

再凝固而成；日常所用之鏡，爲分離銀之微粒子於膠質狀態，塗敷而成。又飲食品中之米，茶，麪包，牛乳，啤酒等，無一非膠質性物，故由此等所得之製品，亦不過祇爲其狀態之變化物而已。

如上所述，不過祇舉其一斑。膠質化學之研究，現尚進步未已，若更能開拓新天地，則將應用至如何程度，頗難逆料。總之：此方面之研究，將對於人生占重要之地位，固毫無容疑。

第七篇 遺傳學⁽¹⁾

第一章 遺傳學大觀

遺傳學爲二十世紀後突然發現於生物學舞臺上之學科，其方法有雜種試驗之實驗遺傳及研究生殖細胞之二方面，與由此誘發之變異及進化之理論的研究，同爲現在生物學之本流，亦爲各方面激烈爭論之標的。遺傳學之所以驟呈如此盛況者，其動機在於二十世紀之初年，三植物學者所同時公表三四十年前已發表而未爲世人所注意之門得爾⁽²⁾氏關於雜種之實驗的研究論文。從此以後，各國學者對於雜種之實驗，競相仿行，遂發見種種極饒興趣之事實。其盛如此，故現在提起遺傳學即憶及門得爾，遺傳學之研究，亦幾認爲雜種之實驗，實則雜種之研究，決非遺傳學之全部。於雜種研究之外，細胞之研究，近時亦甚進步，且由此發見有可以說明雜種實驗所發見遺傳事實之本源者，此爲遺傳學所以呈此盛況之又一原因。

遺傳學爲研究兩親所有之性質如何傳於其子孫之學問。即此一端，已極饒興趣，况乎與達爾文之進化論有密切而

(1) Heredity (2) Mendel

不可分離之關係。於園藝、農業、畜產、醫術等實際的方面，漸得應用的效果。將來更欲應用此理論於人類，以研究人種之改良，則其意義之重大，可以概見。

現在棲息於地球上之無數生物，皆由長年月日之進化而來，已無置疑之餘地。但所以說明進化原因及方法之理論，則尚無定說。雖然，研究兩親性質是否遺傳，若遺傳時依何方法等事項之遺傳學，當然與進化理論有重大之關係，而最近之遺傳學者中，竟有唱極端之說以擊破達爾文所用以說明進化的事實之自然淘汰說者焉。

再就實用方面觀之，改良品種以作性質優秀之新種，雖自古已有。惟在當時，祇為盲目的行動，不知理論何在。今則理論既明，故能以此為基礎，持一定之目的，而試行合理的組織的優秀品種之製作；其成功之例固已數見不鮮矣。他如近親結婚，何以結果不良，一種生物之子，何以突然酷肖於其遠代先祖之性質，及畜產界所主張之先天影響說⁽¹⁾（或謂為初產之感染），是否果為事實等種種從來所不明之問題，均可以遺傳學上之理論而約略解釋之。又如醫術方面之疾病遺傳，體質遺傳等，亦幾經研究，所貢獻於診斷上治療上者頗大，固皆為遺傳學進步之所賜也。

遺傳學本為研究生物所有遺傳性之學問，然則人類即生物之一種，當然可為其研究之對象，而其理論亦當然能應

(1) Telegony

用於人類，如教育事項，社會問題等，驟視之雖與遺傳學全無關係，然細思之，則覺其關係頗為密切，若不以遺傳學之原理為基礎，似難得正確之議論及適切之設施。俗語云：「瓜蔓之上不結茄」，論語雖云：「性相近也，習相遠也」，然又云：「惟上智與下愚不移」。人類生來所稟受於父母之性質，究竟能否以境遇之力完全改善？一般人類究竟能否以醫術，教育，法律等外的條件，漸次改良其性質，使之無限的向上以趨於善？若不能時，此等外的條件之有效範圍如何？又如何可以改良人種？凡此種種重大問題，亦非有遺傳學之研究，難以根本解釋，則其重要，更可知矣。就現在遺傳學之立場言之，外的條件之重要固不待言，然匠人雖巧，終不能磨石而成玉，則生來稟受之內的條件，當尤為重要，所謂由性質改良主義而興之優生學，亦莫不以遺傳之學理為基礎。

遺傳學對於生理學上及吾人生活上之重大意義，已如上述，然遺傳學之研究對象，為具有極複雜之構造及機能之生物，故其進行不能如理化學之簡單，其結果亦不能如理化學上諸定律之能處處適合。門得爾氏定律初發表時，固以為一切遺傳現象均可以此定律而解釋之，然觀於其後之結果，適合者固多，不加修改，則難於說明者有之，不藉假說之力，則不能說明者有之，依此定律，絕不能說明者亦有之。

以上所述，乃雜種時之所見，能否說明一般之遺傳現象，尤難斷言。研究愈進，異論愈多，甲以為是者乙則非之，今日之

事實雖足爲一理論之證明，明日之事實忽又得反駁之結果，議論紛紜，莫衷一是，而尤以生物一生所新獲後天的性質是否遺傳之問題，爲激烈爭論之焦點。現代之多數學者，雖認後天的性質決不遺傳，然與此相反之事實既非絕無，且反對此說之學者亦尙有之，故亦不能遽視爲此說之勝利。蓋遺傳學者，派別甚多，相助相斥，極爲糾紛（進化論亦然），將來如何歸結，殊難預料。雖然，遺傳學之盛行，迄今不過二十餘年，爲日既淺，研究未盡，諸說分歧，當非得已，若欲得正確之議論，須更爲較正確之觀察及實驗，以作研究之基礎。

遺傳學之概念，已如上述，今應就其內容稍行討究，惟以現在之研究程度，頗難達滿足之結論。茲祇就種種已明確之事實及可以說明此事實而爲現代所爭論最烈之數種學說，簡明敘述，再加以二三遺傳上最饒興趣及與人類生活上有密切關係之事項以完結之。

第二章 何爲遺傳

於闡究遺傳學之前，不能不先明遺傳爲何物。簡言之，雖可謂遺傳爲生物傳其所有性質於其子之現象，然若詳加考察，事實上絕非如是之簡單，子肖於親是否爲遺傳，且何者可入於遺傳定義之下，何者須除於遺傳範圍之外，人異其說，即同一事實，認爲遺傳者有之，不認爲遺傳者亦有之，且相爭論，頗難決擇。

親傳其性質於其子，固非遺傳其性質之全部，而所遺傳者又有屬於性質中之重要者及非重要者之區別。人類之子仍爲人，播栽松種仍生松，固爲遺傳之一種，然此乃傳生物種族之代表的性質，爲遺傳中之最大者。普通遺傳所研究之對象，絕非如此之大；即以松言，非其種族的代表性質，乃其中形色等常易變化之細微處。次舉二三實例，以說明遺傳的性質及非遺傳的性質之區別。

海岸漁夫顏面焦黑，所生之子亦爲漁夫，顏面雖亦焦黑，然不得謂之遺傳，若爲黑人之子，則顏面黝黑之爲遺傳，固不待言。親轆於車而跛，子亦轆於車而跛，亦不得謂之遺傳，若親手有六指，所生之子亦有六指，則顯爲遺傳而無疑。蓋前者爲因境遇相同而得相同之後天的性質，後者則爲生來所具之先天的性質；內的性質之相傳常爲遺傳，因境遺而得之外的性質則非遺傳。顏色焦黑之漁子，若生長於都會，則其色可白，而六指之子，則無論生長於何處，永爲六指。他如毛色，膚色，隆鼻，癩癩，精神病等，普通皆認爲遺傳的性質，而某書中又載有一種事實，謂祖母，母，女之三代，均於左眼下生一大如針頭之小凹處，由此觀之，遺傳性質之如何微細，可以概見。

如上所述，雖顯然可認爲遺傳，然又有一見雖視爲遺傳，實則非遺傳者，如顏色焦黑之漁夫之子，即其顯著之一例。他如不詳加考察則不能分辨者亦常有之。例如肺病，往昔雖常認爲遺傳，後乃漸知爲由結核菌作用而起之傳染病。檢查初

生之子，從未見有帶結核菌者，惟常與有病菌之母相近，傳染之機會既多，稟受於母親之身體又弱，其同罹於病，又何足怪；出生之後，即與其母分離，養育於他之健康地方，成長以後，一生從未患肺病者，已有實證，則肺病之非遺傳，固甚明瞭。至於黴毒，則初生之子既帶此疾患，其為遺傳，似已無置疑之餘地，然詳加考察，乃知此亦為因黴菌而起之傳染病。胎兒在母體之內已受傳染，故亦不得謂之真正遺傳。他如痲病及免疫性亦與此同。免疫性者，體內有可以防禦毒素之抗毒素，毒物雖入體內而不中毒之謂也。愛爾力喜⁽¹⁾曾實驗鼠體，而知有免疫性之雌鼠與普通雄鼠間所生之子雖帶免疫性，有免疫性之雄鼠與普通雌鼠間所生之子則無之，故前者雖似為遺傳，後者則顯為不遺傳。蓋仍為由母體胎盤傳其免疫性於胎兒者也。

以下更舉二例：一謂之擬似遺傳，一謂之並行感應。此二種性質，果為遺傳與否，頗難決定，學者之中雖亦有列入於遺傳範圍內者，然多數則不認為普通之遺傳。

蠶之微粒子病⁽²⁾為擬似遺傳之好例，此病因極微細之寄生蟲而起，養蠶家常因此而受極大之損害。為防此病之傳染，須將產卵後之蠶蛾一一揉碎，而以顯微鏡檢查之，凡稍有微粒子的蠶蛾所產之卵，皆全部燒棄。此微粒子之寄生蟲，常侵入雌蛾卵巢之卵中，故凡由帶微粒子的蠶蛾之卵所孵出之

(1) Ehrlich (2) Pebrine

蠶皆帶有微粒子，若與黑人之子爲黑人之例相較，此時之親所傳於子者，乃由外侵入之微粒子，故仍爲傳染之種，不得謂之遺傳；然若與徽毒及免疫性相較，則蠶蛾之子僅爲存在於母體中之一生殖細胞時，已受病原體之侵入，似可列於遺傳之中。

並行感應者，子體僅爲一生殖細胞存在於母體中時，已受外界之影響，成長之後，即發現與母體所受者相同之變化之謂。例如於低溫度時飼育蛾之幼蟲，成長之後，其翅常較普通者稍黑，以此蛾之卵孵而飼育之於普通溫度，所成之蛾翅，雖較已受變化之親體爲淡，然較之普通則其色頗黑。此等事項不論如何觀之，亦應爲遺傳而無疑，然學者之間，其說頗異，故多不列於遺傳範圍之內。蓋因外界影響而變化之親體的新性質，並非由生殖細胞直接遺傳於其子，即將來成子之生殖細胞，並非稟受此性質於母體，乃在親體內時與親體同受外界之影響，成長後而表現於外，故驟視之雖爲遺傳，實則不過爲並行感應之一種現象。然其他學者，又以爲於生殖細胞時既與親體具同一之性質，則雖爲外界之影響而非直接之稟受，亦可與擬似遺傳之微粒子病，同列於遺傳範圍之中。

遺傳之爲何物，已略如上述，然其定義爲何，則又甚難；蓋因定義之如何，前述最後之例，常生遺傳與非遺傳之二種歧異，簡約言之，遺傳者，子稟受其親之性質之謂。然若祇謂當其子爲生殖細胞存在親體內時已與親有同一之性質，成長後

表現於外而酷肖其親爲遺傳，則前例之擬似遺傳及並行感應，當然列入其範圍之內，故不認此爲遺傳之多數學者，常加以不因傳染及不受外界影響等之制限。前例低溫飼育之蛾及蠶之微粒子病等，雖爲學者間爭論之焦點，然此祇因着眼點之如何，卽定義之範圍如何而異，至其事實，則固無絲毫之變異。

第三章 遺傳及生殖法

遺傳既爲親傳其性質於其子，則親子關係，當然爲發生遺傳現象之主體，而親之生子，又起於生物之生殖作用，故欲研究遺傳，不能不先具動植界的生殖之智識。生殖作用，因限於篇幅，不暇詳述，今祇就一般生物界之種種生殖方法及遺傳現象之如何表現，略示概要。

自然界生物之生殖方法，種類極多，非必如人類之由於雌雄結合。簡言之，則生殖者，親體之一部，分離而生新個體之謂。所謂一部分者，或成於一個細胞，或成於多數細胞。普通之生殖方法，常分無性有性之二類，而兩者皆廣行於動植界中。

無性生殖者，無雌雄二性之必要，其最簡單者，爲單細胞生物之生殖法，如各種病原體之細菌及以顯微鏡檢查污水時所見棲於其中之草履蟲等，皆爲單細胞之生物，祇分裂其體爲二部，各部卽成爲新個體而漸次繁殖。然如草履蟲等，由一親分裂，漸次繁殖至十代時，體漸衰弱，幾於死滅，此時若混

入由他先祖所生之草履蟲，則各覓配偶，互相結合，結合之間，各交換身體之一部，而復相分離，此後則勢既恢復，更盛行分裂。由上例觀之，傷寒菌所生者仍為傷寒菌，肺結核菌所生者仍為肺結核菌，由同一親體而生之草履蟲，皆具有同一之性質；凡此種種，皆二分親體而成子，其與親體有同一之性質，固不待言，蓋為遺傳中之最簡單者。

多細胞生物中，亦常有分裂生殖者，如附着於海中岩石之磯芽即其一例；其母體先縱形分裂，後各片重新生長，以補不足之部分而成為完全形，此時新生之半身，與舊半身全然相似，其最可驚異者，不惟傳受其種族之共通性質，即原來之個體特性，亦完全符合；如由茶色生者仍為茶色，由縱紋生者仍為縱紋，非惟此也，其新生之半身，即色之濃淡，刺毛之粗細，凡個體所有之特性，無不完全繼承，其為遺傳，固無容疑。

此外有所謂芽生法者，多見於植物界中，動物界亦間有之，如草莓蔓端所生之新個體，鬼百合，自然薯等葉側所生之球芽等皆為植物之例，動物中之珊瑚及苔蟲類之生殖法，亦與此同。芽生法所生之新體，亦完全稟受其親之個性，與分裂法無異，分裂法及芽生法，皆為生物之最原始的生殖法，其新生之個體，可認為母體營養器之繼續，與植物之生長枝葉者同，故有謂為營養生殖而與他種生殖法相區別者。由此等生殖法而生之新個體，所以完全繼受親體之個性者，全同於植物枝葉之有個體的特性，至其理由，祇可歸於造成生物體細

胞或形成細胞的原形質之特性，因原形質既達一定之大，則具分裂之能力，分裂後所生之物，無論何時，常具有維持個性之特質。然原形質之個性遺傳，究由於如何部分？由細胞質抑由細胞核？則議論紛紛，尚無定說，於後研究細胞時，當更詳述。

無性生殖中，又有由親體分離一單細胞之芽胞者，此芽胞散布於他處，再發芽生長而形成新個體，如種種羊齒類，海藻類，即其例也，前者謂之孢子，後者謂之游走子，此與前述由母體營養器官之一部分分離之營養生殖雖非全然相同，然新個體之生成仍由於一個親體，故顯示親之性質完全傳繼於子之遺傳現象。

有性生殖為最進化而複雜之生殖法，新個體由雌雄二細胞相合而成，此生殖法亦有種種變化，普通者雌雄兩種細胞各來於雌雄之二體，相合時雌雄各限於一；此二種細胞，有時同形同大，毫無區別，漸次進化，形大既異，雄者漸成能自動之小精蟲，雌者不能自動，成為形大而多含養分之卵球，為動物及下等植物所常見，至於高等植物，則成為形大全異而皆無自動力之花粉及胚珠。

雌雄細胞雖各由雌雄之個體而來，然亦有同一個體中具有雌雄二器官而生兩種生殖細胞者，如蚯蚓，蝸牛等動物類及高等植物之所見，謂之雌雄同體。⁽¹⁾雌雄雖同體，然其成熟時期既異，構造上亦各不同，且同一體內所生兩種細胞之結

(1) Hermaphrodite

合，即所謂自己受精者，其例則少，仍多由相異個體所生之細胞而結合，與雌雄異體⁽¹⁾者毫無所異。植物界中如豌豆，稻，麥之屬，爲自己受精之好例，然動物界則其例絕少。自己受精雖與無性生殖各異其趣，然親體既惟一而無二，故子之性質純爲一個親體之所有，如此繼續繁殖，數代相傳，則系統純化，可以直線圖示，而生所謂純系⁽²⁾。欲數代相繼考查雜種子孫之性質時，以能成純系者爲最善，故自己受精植物，常用爲遺傳實驗之研究材料。

有性生殖之生物，多爲雌雄異體，即雌雄之生殖細胞，各生於雌雄異體之二親，接合受精則生長繁殖。其所以行如此複雜之生殖者，或謂爲使起變異，或謂爲使老衰之體質還爲少壯，其確實理由，尙不明瞭。由此種生殖法所生之子，既稟受二個親體之性質，故遺傳關係漸趨複雜，他種問題，因之以起。又考查其系圖時，有一個體則有二親，二親之先又各有二親，如此追溯，年代愈遠，愈趨複雜；其子之性質，或多肖於父，或多肖於母，或在其中間，然絕無完全不肖於一方者。若兩親極相似時，其子所具之性質究屬何者，固難決定，然若父母之形質非常相異，則子體形質之來自何者，易於分辨，所謂雜種試驗，不過爲人爲的一種考查而已。

雌雄各異之生物中，亦有單以雌體生殖者，謂之處女生殖⁽³⁾或單爲生殖。此時之雌性生殖細胞，不受雄性生殖細胞之

(1) Gonochorite (2) Pure-Line (3) Parthenogenesis

配合即生新個體，如動物中之竹虱，微塵子，及植物中之車軸藻，白花蒲公英，蕞草等即其例也。此與自己受精者約略相同，其遺傳關係頗為簡單。然施行雜種試驗於蒲公英等之高等植物時，若不細加注意，常有雖認為已行花粉配合，實則於未配合之前，早已行處女生殖者，極易使實驗遺傳學者入於五里霧中。

第四章 何為變異

遺傳與生殖既如前述，然生物界中於子肖其親之遺傳現象外，尚有子不肖其親之反對現象，如此者謂之變異⁽¹⁾。其最足奇者生息於地球上數十億之人類中，從未見其形質之全然相同，雙生兒雖有極相類似即其親亦難於分辨者，然此別有特殊之理由，且其例極少。個體間必有若干差異，為生物所通有之變異現象，子雖稟受其親之性質，然絕無與親體毫無差異者，即由同一親體而生之兄弟，亦必有若干異點。若人類全部均具同一之形質，則遺傳問題當然無由而生，惟因有變異現象，乃有研究遺傳之餘地。如甲乙二親，性質各異，所生之子亦有類此之差別，然後可由此差別考查遺傳之何在，若各個體無特殊之識別點，即特殊之變異性，則遺傳研究無從着手，故知遺傳與變異，常有密切而不能分離之關係。

變異亦有多種，與遺傳相同，有為生來即有之先天的變

(1) Variation

異，有爲因生後境遇而成之後天的變異，而其中又有遺傳者及不遺傳者之區別，然先天的素因及後天的境遇，常對於個體有共同的作用，雖爲先天的，亦不免受後天的若干影響；卽爲後天的，亦不免稍有先天的原因。故欲截然分變異爲先天的後天的之二者，頗非易事。普通祇可謂爲大部分先天的及大部分後天的而已。黑人生白子時，純爲先天的變異，因於生殖細胞時已承受親體之性質，然力士之體軀偉大，則因鍛鍊之後天原因而成。黑人之白子，雖顯然知爲遺傳，然力士之體軀，則未聞有生來卽如此偉大者，當然不能認爲遺傳。故普通多認先天的變異能遺傳，後天的變異不能遺傳，然此亦尙非定論，因遺傳學中變異之研究，與進化論有密切關係，尙爲現今爭論之焦點。茲略述關於變異之實驗及學說如次。

變異之分類，雖有前述之種種，然其間常無截然之境界，今爲簡明起見，分之爲彷徨變異⁽¹⁾，境地變異⁽²⁾，及突然變異⁽³⁾之三種，普通多認前二者爲後天的不遺傳之變異，後者爲先天的遺傳之變異。變異之次，更略述得性遺傳及因人爲的變化之遺傳研究，以明其間之關係。

第五章 彷徨變異及純系

集多數人而量其身長，由最高者以至於最低者，其間必有無數之變化。又集若干豆粒而順列之，稱量各個之輕重，其

(1) Fluctuation (2) Modification (3) Mutation

最重者與最輕者間，亦常有若干之變化，如此者謂之彷徨變異，簡言之，即微細之數量的變異。

彷徨變異，為生物所有之通性，其性質之表現雖有種種，然大別之可為二，如次：一為數量之可以計算者；一為大小輕重之可以秤量及色彩濃淡之可以表示其程度者。就種種實例考察之，知彷徨變異之位於兩極者其數極少，大多數皆近於平均之中間值，此為彷徨變異之重要特徵即視之普通人類，亦莫不如是，上智與下愚者其數極少，大半則皆為中庸。

彷徨變異之考查實例雖多，然最初闡明此關係者厥為刻特雷氏⁽¹⁾，今就其實測之結果言之，所取材料為美國志願兵二萬五千七百八十七人之身長，即為第一種數量之可以計算者，茲表示其結果如下：

人數	2	2	20	48	75	117	137	157	140	121	80	57	26	13	5	2	1
身長(吋)	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76

表內之人數為由全數換算之千分率，由此而知60吋及61吋之極低者祇各有二人，75吋及76吋之極高者亦祇有一二人，其數極少，然近於平均之67吋者有157人，為最多數，由此漸向兩極則人數漸減，略有一定之規則，謂之刻特雷氏規則⁽²⁾。

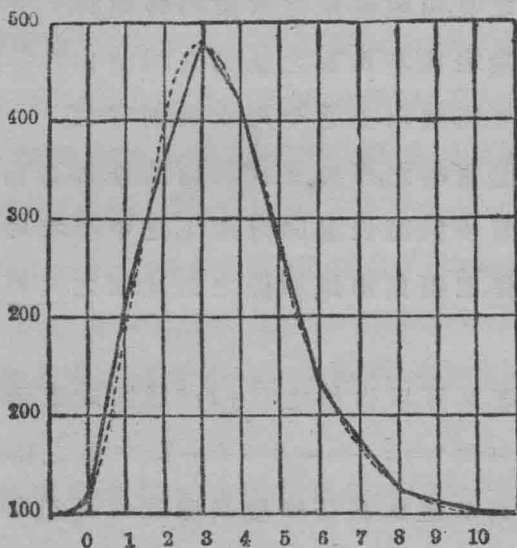
日本植物學之泰斗池野博士所實測黑豆994粒的重量之結果，可表示之如下：此性為第二種之可以秤量者。

(1) Quetelet (2) Quetelet's Law

豆重(匁)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
豆數	4	34	174	300	296	146	33	5	2	

由表觀之,重 5 匁至 10 匁間之豆數僅有 4 個,45 匁至 50 匁間者僅有 2 個,中間重量即 20 匁至 25 匁間及 25 匁至 30 匁間者占最多數,漸至兩極,其數漸少。

此等關係,若以圖示之,較表尤為明瞭,普通多用數學上之座標法表之,畫直角相交之縱橫二線,記變異之值於橫線上各點,記有此值之個數於由各點所引之縱線上,連結所記各點則得中央最高左右漸低之山形曲線,例如下圖,為達九波爾特⁽¹⁾於美國支加哥實測二千頭雌豬右前肢之密拉氏腺⁽²⁾

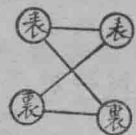


第 7 圖

(1) Davenport (2) Müller's Gland

所得之結果，最下橫線之數字，所以示密拉氏腺之數，各縱線上之點爲有此腺數之猪數，連結各點，則得一左右殆相對稱之山形曲線，可以明示刻特雷氏規則。

此規則之理由，可用數學上的信率律以說明之，今以銅圓二枚擲於空中，俟其墜地而檢其表裏，如此反覆行之以至無窮，則銅圓表面向上之次數及裏面向上之次數殆無差異，若銅圓爲二枚，則一方之表面向上時，他方之表面或裏面向上之次數亦殆相同，一方之裏面向上時，其理亦然，如圖所示，一方之表與他方之表，一方之表，與他方之裏及一方之裏與他方之表，一方之裏與他方之裏，四種現象之次數約略相同；由此而知表與表或裏與裏之極端者同時向上一次時，表裏同時向上之平均次數則有二。



第 8 圖

若取多數銅圓實驗之，可知全部表面或全部裏面同時向上之極端者極爲少數，而表裏同時向上之中庸次數則最多，若以圖表此關係，則得與前圖相似之曲線，謂之高斯之信率曲

線。

上述之理，又可以代數之 $(1+1)^n$ 展開式表示之：今若以 n 爲 4，則 $(1+1)^4 = 1 + 4 + 6 + 4 + 1$ ，中央之值最大，兩端最小， n 愈大則其差愈甚，彷徨變異雖生於極微細而難於辨認之內的外的種種原因，然若視如銅圓表裏二面之相反的

原因所生結果之總和，則生物之彷徨變異與數學之信率律，當然有相同之關係。

彷徨變異之不遺傳，雖尚非定論，然最近著名之約罕森⁽¹⁾純系說出，達爾文之自然淘汰說幾為所破，至其詳細，容俟後述。

原來依自然淘汰說而創進化論之達爾文氏，以為與進化有密切關係之變異雖有種種(如後述之突然變異及後天的變異皆含於其中)，而以此微細之彷徨變異為最重要，足以供自然淘汰之資料；殘存之優者，遺傳其性質於後世，數代之後，積微漸著，遂生迥然相異之新種，蓋已明認彷徨變異為遺傳矣。

達爾文後，欲以實證肯定其理論者，為其表弟之哥爾通⁽²⁾。氏擬以統計的研究解決此問題，於此方面別開新派，即所謂生物測定學者是；此學科之成立，有賴於其後披爾遜⁽³⁾之力者甚多。

哥爾通之統計略如下表。氏擬以人之身長為標準，以示身長之子生於身長之親，身短之子生於身短之親。所取之材料，為205組之親及其子928人，各測定其身長而得下表之結果：

兩親身長平均值	64.5	65.5	66.5	67.5	68.5	69.5	70.5	71.5	72.5
子身長之平均值	65.8	66.7	67.2	67.6	68.2	68.9	69.5	69.9	72.2

(1) Yohansen (2) Galton (3) Pearson

集平均身長64.5之親所生之子而量之，得其子之身長平均值爲65.8。由表觀之，雖身長之親概生身長之子，身短之親概生身短之子，然子與親較，常略近於中央之平均值，依哥爾通氏之計算，而知親的變異之遺傳，祇爲三分之二，餘三分之一則向平均值而逆行；然猶以爲身長之親既仍生身長之子，故若傳之數代漸行淘汰，遂成爲一種身體極長之系統，此說似已得證實自然淘汰效果之成績。

後荷蘭之植物學者約罕森氏實驗豆類，亦得相同之結果。凡此皆爲遺傳之統計的研究，然統計之研究，祇能得粗略之結果，而不能一一精密適合，故於現在之遺傳研究上並無重大之價值。

如上所述，達爾文之淘汰說，雖由近世實驗的研究之結果，似已得確然之實證，然其後忽發現反對之學說，其人非他，卽爲曾以實驗證明達爾文學說之約罕森氏。氏既就菽豆⁽¹⁾爲統計的實驗，後又試作一純粹之系統。自己受精卽得純系，已如前述。一見而知爲成一系統之菽豆，可選出十九種各異之純系，實驗其中之一種，擇其所生最重及最輕之豆而播種收集之，各別秤量，以比較其平均值，毫不見有何等差異，而得與淘汰說之重豆生重者輕豆生輕者適相反背之結果；於以知淘汰之效果不能行於純系內。今將氏於六年間所實驗者表示之如次。

(1) Beans

年代	a	b	$b-a$	a	β	$\beta-a$
1902	30	40	10	35.83	34.78	- 1.05
1903	25	42	17	40.21	41.02	+ 0.81
1904	31	43	12	31.39	32.64	+ 1.25
1905	27	39	12	38.26	39.15	+ 0.89
1906	30	46	16	37.92	39.87	+ 1.95
1907	24	47	23	37.36	36.95	- 0.41

a : 最輕豆 b : 最重豆 (單位 匁)

a : 由 a 所生者之平均 β : 由 b 所生者之平均

此實驗祇行於一純系內，其最初1902年所得之結果，重豆所生者之平均值反較爲輕，適與前者呈反對之現象。

氏依此等研究之結果，創一學說，謂淘汰作用，一見雖似同種，實則祇能於種種純系之混雜中，選出一特別適於此目的之純系，而其效果不能繼續無限，一達純系，則淘汰作用立即停止。即淘汰作用，並無積蓄微細性質，代代相傳，以生迥異先祖的新品種之能力，祇有選出特別純系之效果。簡明言之，例如菽豆，雖選其重者代代淘汰，亦不能使豆之重量無限增加，即不能作成一種新品種，使生極重之豆，不過祇能於其中選出一種有最重性質之純系而已，選出之後，則不能更作較此尤重之新品種。此說一出，誠爲信自然淘汰說者一大打擊。

如上所述，所謂破棄達爾文說之著名的約罕森氏純系說，後雖由多數學者之實驗而漸次確立，然如窩雷斯⁽¹⁾及魏司曼⁽²⁾等之新達爾文派及其他篤信自然淘汰說而反對純系說

(1) A. R. Wallace (1) August Weismaun

者亦有之；彼等之間，亦有一二實驗，謂雖在純系，亦有淘汰效果者。且又謂自然界中不能有純系之存在，故其理論不能應用於自然界。兩說之持論，固各有其是，而完全解決，則不能不俟之將來。

第六章 境地變異及突然變異

彷徨變異，雖為原因不明之極微細的變異，然境地變異，則其原因既能推究，其變異亦甚顯著。此變異常因境地等之歧異而生，故名；如地方，溫度，居處，食物，習性等外的境遇，均為其成立之原因。此種變異，顯著者固多，然如彷徨變異之微細者亦常有之。

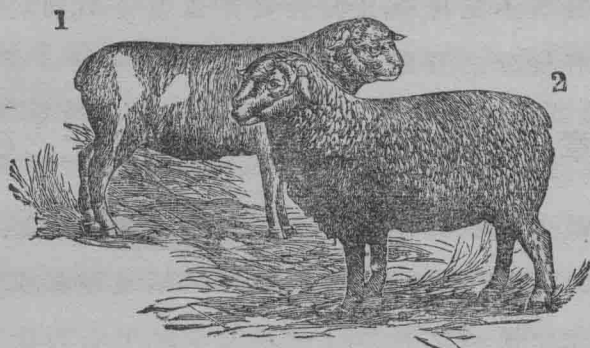
其最著之例為高山植物，同一植物也，生於高山者常較生於平地者上部小而根深。分一株蒲公英為二，而各植於高山及平地，則見植於平地者之形態，雖無異於尋常，而植於高山者則帶高山植物之特徵，以示其變異。因溫度而起變異者，如寒櫻草之一種，培植於攝氏二十度者花為白色，培植於三十度者花為紅色，然若以培植於二十度之白花者移植於三十度處，則其花仍成紅色，故知此變異為受境遇的影響之一時的變化。

境地變異之遺傳，普通多否定之；例如移植於高山既變形後之植物種子再栽培於平地，其形態常復原狀。欲實驗其是否遺傳，可先人為的使生變異，更就其子孫而檢查之；其詳

情次章再述。

變異之中，有一種原因不明，突然起特殊之變化，而遺傳於子孫者；前二者雖多因外界之影響，此則由於內部之變化，即所謂突然變異，自古已有其例。其最著者如缺葉白屈菜為白屈菜之一變種，兩者之葉形，花形，迥然不同。於1590年突然生出於德國海德爾堡之一藥劑師院中所植普通白屈菜之間，其性質傳於子孫直至今日，即以其種子繁殖之，亦不返於原種。

其次之例如摩香⁽¹⁾羊為美利諾⁽²⁾緬羊之一變種，如第9圖



第9圖

之2，較1之普通者毛長而不甚縮，且有光澤，其最初為雄種，偶然發見於摩香之牧場。

突然變異之例，既自古知之，何以至近世而始著名於世？此蓋因荷蘭植物學者得甫里斯⁽³⁾之熱心研究及一種學說之

(1) Mauchamps (2) Merino (3) Hugo de Vries

公表氏以月見草之一種⁽¹⁾即新月見草⁽²⁾爲適當之材料，由 1886 年起栽培多年，於其間發見數個變種，依此等事實遂創爲一說，謂生物之形成新種，並非由達爾文之微細變化積久漸著之方法，亦非因拉馬克⁽³⁾之因境遇而得的後天性質之遺傳，蓋基於內的原因所起突然變異之遺傳於子孫，此爲近年有名之得甫里斯突然變異說，一時頗有權威，然現在之一般生物界中，如月見草之現突然變異者，既殆不可見，而其後以月見草爲雜種而非純系，今所見者雖似爲突然變異，實則爲其先祖的性質之再現者，亦復有之，故其說又漸至動搖，雖然，突然變異之事實，既不能掩滅，且其性質亦爲遺傳的，則於新種之成生，當必有幾分之貢獻。

第七章 得性遺傳及依人爲的變化之研究

爭論最多之變異問題中，尤以得性遺傳⁽⁴⁾爲最烈，得性爲因境遇之力而新生之變異性質，略同於境地變異，又爲生物出世後一生中所得之性質，故可謂後天的，其是否遺傳，爲現今之一大問題，與各方面以極大之影響，學者之間，分爲二派，各是其是，不稍相讓，而其爭論，今大有捨事實而惟趨於文字之概，現代之多數學者，雖皆信得性爲不遺傳，然以爲不認得性之遺傳則不能說明開闢以來之進化，且謂某種得性確實

(1) Evening-primrose, *Ethothena biennis* (2) *Ethothena Lamacana*

(3) Lamarck (4) Inheritance of Acquired Characters

遺傳，而反對之者亦有之，將來如何解決，不可豫料。

若歷史的考查之，初創有秩序的進化學說之拉馬克氏顯認得性爲遺傳，而以之爲能起進化之惟一素因。後大成進化論之達爾文，雖以彷徨變異爲淘汰作用之主要材料，然並未否定得性遺傳之亦有關係。德國動物學者魏司曼出，乃唱有名之生殖物質繼續說⁽¹⁾，亦即爲得性非遺傳說。氏分構成生物體之細胞爲迥然不同之二種類：一爲祇有生殖作用而生成子孫之生殖細胞(生殖質)⁽²⁾；一爲其他全部之身體細胞(身體質)⁽³⁾。惟生殖細胞爲能傳於子孫之生物物質，身體細胞則隨生物各個體之死亡而消滅，祇能生存於一代。例如植物之枝，春暖時出新芽而成葉，恰如生殖質之生身體質，至冬而葉落，則如身體質終其一代之壽命而死亡。然春來則木葉復生，可知生殖質未嘗消滅，能生子孫而傳於次代。即生殖質可生次代之生殖質及身體質，身體質不過爲生殖質繁殖子孫之一時寓所，常有一定之壽命，命終則隨之消滅。生殖質則更生次代之子孫而相續於無窮。此爲生殖物質繼續說所以命名之由來。得性爲身體質受外界影響而起之變化，身體質既一代命終而消滅，其性質當然不能傳於子孫，故得性之非遺傳爲此說之必然的結論。如上所述，爲魏司曼說之大要，爲新達爾文派所深信，而現代大多數之生物學者，亦皆受其影響。

(1) Theory of Continuity of Germplasm (2) Germ-Plasm (3) Somatic

魏司曼說之正否，須就實例而考查之。力士之體軀偉大，爲其後天的性質，而所生之子，固未見生來卽爲偉大者。因溫度改變而變化之寒櫻草的花色，若移於原溫之處，則復返爲原來之色。更就人爲的實驗而觀之，魏司曼取二十二代間之鼠 1992 頭，盡割去其尾而試之，未見一生來卽爲短尾者。

然因外界影響而得之性質既不遺傳，則參與於自然淘汰作用之變異如何而起？對此反對派之疑念，常以次之說明解釋之。個體所有之生殖質既常不變，所生之子固應有同一性質而事實反之者，因新體生於兩親生殖質之交合，生殖質之新組合，當然能生變異。

反對魏司曼說者爲新拉馬克派。就中如動物學者之赫特尉喜⁽¹⁾等，以爲身體質及生殖質並無截然之區別，考查種種動物之發生，而知生物體最初祇爲親之一細胞，其後分裂增殖，細胞漸多，乃漸有身體各部之區別，然其區別不過爲分業之結果，非最初卽有生殖細胞身體細胞之不同，由分裂或芽生之生殖法而生之新個體，所以類似於原來之個體者，若不依此說則難於說明，更以爲親體所受外界之影響，可傳於生殖細胞而現於其子，與魏司曼說適相反對。

後說之實例，亦間有之，如飼育於低溫度時其性變黑之蛾，所生之子其翅亦黑。又美之陶厄⁽²⁾氏捕甲蟲之一種名 *Lep-tinotara* 者，於其體內生殖細胞成熟時，飼育於極乾燥之高溫

(1) Hertwig (2) Tower

處，見其所生之子皆迥異於親，而其變化更遺傳於子孫。如上所述，雖似為因境遇的變化亦可遺傳，然其應注意者，為生殖細胞已受外界之影響而變化。學者之間，有以此為人為的突然變異，而所謂擬似遺傳及並行感應等之議論，亦皆發生於是時。

反對兩派之學說，已略如上述，然後天的得性之是否遺傳猶難解決，而不得不俟諸將來之觀察實驗。學者之間，雖多以得性為非遺傳，然若外界影響及於生殖細胞時，其變化似能傳於子孫，此時是否稱為遺傳，雖學者間意見各異，然其事實，則不能滅卻。

研究得性遺傳之最正確的方法，為先人為的使起變化，然後再考查其是否傳於子孫。依人為的變化之遺傳研究，為極重要之實驗方法，但因需大規模的設備，故不能如依雜種的研究之盛行。

第八章 依雜種實驗之遺傳研究

研究遺傳之最盛行的方法為雜種實驗，不惟可得數量的正確知識，闡明關於遺傳之重要定律，且容易實行，又能應用於改良品種之實際的方面，故現今之各國學者，皆競相做行。交配性質相異之雌雄兩體，使其子孫繁殖於數代，以觀親體性質之如何表現，是為雜種之實驗。兩親之性質既異，故當其性質顯現於子孫時，可尋覓其如何傳來之徑路。然若性質

極異時，非不能生子，則所生者已完全失其生殖力而不能再用以實驗，故實驗時不得不用血緣之較近者。

雜種試驗，一般稱為實驗遺傳學，為現今最優秀的學科之一，其鼻祖門得爾今固極受學者間之尊崇，然當其研究之初發表時，則未得一人之注意。門得爾生於1822年，終其身為一奧大利伯留村寺之住持，少年時學習博物學於維恩大學者三年，歸寺後兼充中學之博物教師，一方又於寺院內繼續研究八年間，而發表其結果於伯留博物學會會報。然此會報既無徧布各方之勢力，而達爾文之「種之起原」出版後尚為時未久，人皆注意於此，遂使氏之研究終於埋沒，即達爾文氏亦似毫無所知。門得爾之名，生前殊少知者，尤以其晚年為最不幸，卒於1884年，其名之煊稱於世，在其死後數十年之1900年，其論文於是年復出於世。

門得爾之前，行雜種實驗者雖不乏其人，然皆無足稱之研究，最初發見遺傳之重要定律者為門得爾，因氏之實驗，用意極為周到，氏所用之實驗材料為豌豆，此為自己受精之植物，且有多數品種，故其所擇，可謂極得其當。氏之實驗，不止於一代，亘數代而繼續研究，更精查其數量之關係，此為其成功之原因。豌豆之中，有蔓性者，有不成蔓之矮性者；有豆粒現黃色者，有現青色者；有豆有皺皮者，有甚圓且滑者；其性質皆略成對。氏於此等高低，豆色，豆形內，先定一標準，取其相異之一對而交雜實驗之，遂發見極重要之遺傳定律。

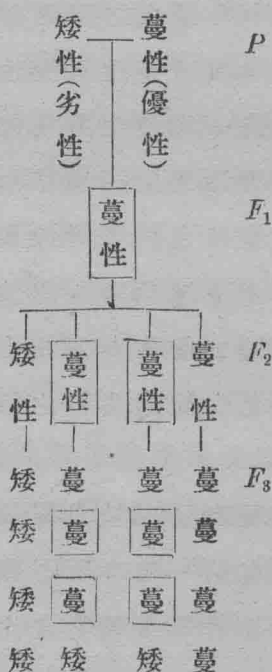
門得爾所發見之遺傳定律，由優劣定律⁽¹⁾，分離定律⁽²⁾及遺傳單位獨立定律⁽³⁾之三者而成，茲簡單述之如次。先取豌豆之蔓性及矮性者，認明其為純粹種，即證明蔓性者繁殖幾代仍為蔓性，而作二豆之雜種。作雜種之方法，不外乎取一品種之花粉敷於他品種之雌蕊而使之受精，然行手術時，應注意雌蕊不使受其他之花粉。作雜種時，以甲花粉敷於乙雌蕊或以乙花粉敷於甲雌蕊，其結果皆同。依此實驗而生之雜種，第一代皆為蔓性，即蔓性與矮性交合時，蔓性勢強，故矮性即為所掩蔽。即一對之性質中，有優劣之別，雜種之第一代，祇顯現其優性者，是為優劣定律，而以蔓性為優性，矮性為劣性。又作青、黃豆之雜種而觀之，第一代皆生黃豆，此亦適合於此定律，即黃色為優性，青色為劣性。先定一標準如(高低，形色)而檢其成對之性質，其中常有優劣之別，若優性與劣性相交配而成為雜種，則優者顯露，劣者隱滅。此處所應注意者，為優劣之語意，茲所謂優劣，乃遺傳時之優劣，非實用上或自然生存上之性質的區別，例如人之色盲，雖為劣等之性質，而遺傳時則為優性。

使第一代之雜種自己受精或同種交配，以作第二代而觀之，則見總體之中，有第一代時所隱藏未露之劣性出現，而第二代總數中，其優性者與劣性者之比常為3:1，是為分離

(1) Law of Dominance and Recessive (2) Law of Segregation (3) Law of Independence of Unit Characters

定律,即雜種第一代時所未顯露之兩親性質,至其第二代即孫之時代分離而出,且其生成之比為優者三而劣者一,此種數量的發見,極有意義,故此定律較之優劣定律尤為重大。

普通研究遺傳時,常以 P 表其最初之親, F_1 表第一代之雜種, F_2 表第二代之雜種,此等記號,既簡單而且習用,今亦從之,交配有蔓性之優性者 P 及有矮性之劣性者 P , 則 F_1 時祇現優性之蔓性者, F_2 時兩者並生,其比率常為蔓性者三矮性者一而無誤,列表表示之,則如下:



取 F_2 之蔓性者,使自己受精以作 F_3 而觀之,則見有繼續

至何代亦祇生蔓性物，及如 F_1 之依蔓性者三矮性者一之比而出生者二種；而兩者之比又常為前者一而後者二，即前者為純粹之蔓性種，後者則為雜種。此雜種以蔓表示之，如表所示， F_2 時為全體之二分之一，至 F_3 則減為四分之一，代愈多而全體中之比率愈減，終則分為屬於兩親之一之基本種類。

此種現象，因何而起？如此正確的現象，豈無一種基本的原因？門得爾 以其獨有之卓見，依自己之實驗，創為一種遺傳單位而說明之。此遺傳單位之假說，為 門得爾 定律之骨骼，極關重要。有一性質必有一相當之單位，生物所以現種種性質者，因各有相當之遺傳單位，性質之遺傳，為親傳其單位於其子。例如豌豆之蔓性，有蔓性之遺傳單位，若無此單位，則蔓性不能遺傳而顯露。前述之遺傳定律，若依此而解釋之，極為便利。故此種單位，甚為研究雜種者所重視；最近之實驗殆皆以交配雜種，考查其子孫，由此歸納之，以觀其有如何之單位，為其主要之工作。假定遺傳單位，以解釋遺傳定律之要點，茲依次述之如次。

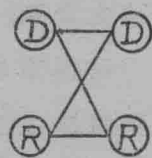
遺傳單位之由親傳子，不得不有賴於生殖細胞。遺傳學上稱雌雄二生殖細胞為配偶子⁽¹⁾，兩親所生之二配偶子相合而成之將來可發育為子體者則稱為接合子⁽²⁾。雌雄之各配偶子中，祇能存在一標準中（如高低）一對單位之一，接合子則由雌雄兩配偶子所有之單位相合而成，故一對單位可以共存。

(1) Gamete (2) Zygote

例如豌豆之配偶子中，雖祇能有蔓性及矮性二單位中之一，而其接合子中，則或兩者共存或一方有二性，皆無不可。然若標準不同，則不在此限，例如蔓性單位與豆的黃色之單位，則能共存於配偶子中。

今若以蔓性之單位為 D ，矮性之單位為 R ，則純粹蔓性之親所生之配偶子，無論雌雄，皆有 D 之單位；純粹矮性之親，所生之配偶子，無論雌雄，皆有 R 之單位。故無論以何者之雄與何者之雌交配，因兩配偶子而生之接合子（即 F_1 ），當然有 D 、 R 兩方之單位。然 D 、 R 接合後， D 有勝於 R 之強力，即 D 對於 R 為優性，故 R 不得不暫時隱匿，外面則祇顯 D 之性質。此為優劣定律之解釋。

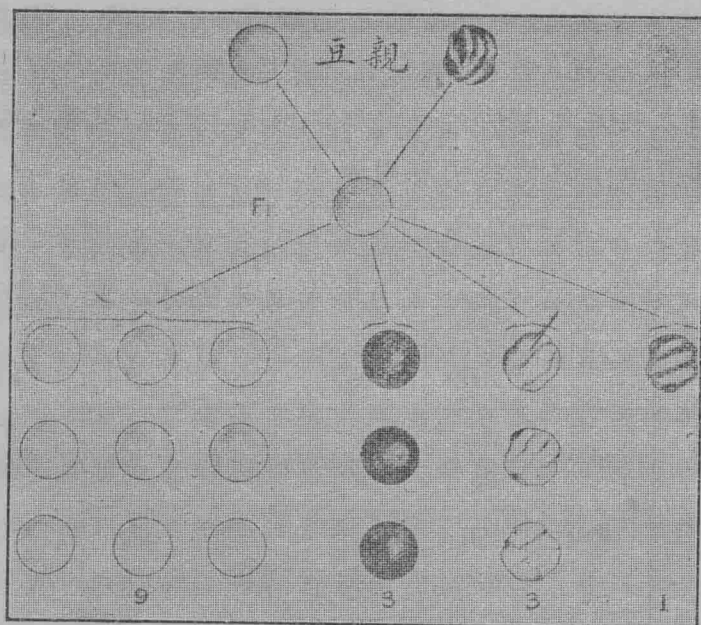
F_1 所生之配偶子，雌雄各有二種，故全部生異種四，即有 D 之雌、雄及 R 之雌、雄。此種現象，縱數甚多時，四者亦必略近於同數。使 F_1 自己受精或同種受精，以檢其四配偶子之接合狀態，則如右圖如示，有 D 雌與 D 雄， R 雌與 R 雄， D 雌與 R 雄， R 雌與 D 雄之四者。此略近同數之四種配偶子之四種接合方法，與信率律之關係相同，故所生之接合子，在 F_2 代當然為同數之 DD 、 DR 、 RD 、 RR 四種，其比率為有 D 者三，無 D 而僅有 R 者一。 DD 為純優性， RR 為純劣性， DR 、 RD 皆外觀上為劣性，則 F_2 代兩親性質之分離顯露，及優劣比率為 3:1 之分離定律的根本，可以明矣。外觀之



第 10 圖

優性者中, DR 為 DD 純粹者之二倍, 因非純粹, 故於其子孫之代, 亦有如 F_1 之分離。普通如 DD, RR 之由同一配偶子而成者稱為同型接合子⁽¹⁾, 如 RD 之由異種配偶子而成者稱為異型接合子⁽²⁾。所謂約罕森之純系, 即此種同型接合子。

以上所述, 皆為一個標準之例, 若親體於二個標準以上相異時, 則其遺傳關係如何? 其根本固無異於分離定律。今交配生青色皺皮豆之品種及生黃色圓形豆之品種而觀之, F_1 時所生者盡為黃色圓豆, 因黃色對於青色為優性, 圓形對於皺形亦為優性, 若使 F_1 自己受精以作 F_2 , 則其中除顯露兩方



第 11 圖

(1) Homozygote (2) Heterozygote

之 P 之性質者外,更生完全新種。即於黃色圓形,青色皺形者外,加以青色圓形,黃色皺形之二種,由實驗多作 F_2 而檢查之,則見四者之數,常為 9,3,3,1 而不誤,如圖所示。其所以生此青色圓形黃色皺形之完全新種者,因圓皺等之形的單位與黃青等之色的單位,各獨立分離,不相關聯,錯綜相重,即生此型。普通遺傳關係有二對以上之性質時,皆各不相關獨立表現其作用,門得爾之第三定律,即為基於此理之獨立遺傳定律。

若用單位以說明之,則更易理解。今以黃色單位為 A ,青色單位為 a ,圓形單位為 B ,皺形單位為 b ,則黃色圓形之親,祇有 AB 之配偶子,青色皺形之親,祇有 ab 之配偶子。 F_1 之接合子為 $AaBb$,而 A 對於 a 為優性, B 對於 b 為優性,故 F_1 皆示黃色圓形之性質。然生於 F_1 之配偶子,則有 AB, Ab, aB, ab 之雌雄八種,此等所生之接合子可列表如下。

雌 雄	AB	Ab	aB	ab
AB	AB AB	Ab AB	aB AB	ab AB
Ab	AB Ab	Ab Ab	aB Ab	ab Ab
aB	AB aB	Ab aB	aB aB	ab aB
ab	AB ab	Ab ab	aB ab	ab ab

F_2 之接合子有十六種,取其多數而觀之,可知其數皆略同。細檢上表,可見同時有 AB 者為九,有 A 無 B 而有 b 者三,有 B 無 A 而有 a 者三,祇有 ab 者一,此理論上之結果,恰與實驗上之結果相合。即有 AB 者為黃圓,有 Ab 者為黃皺,有 aB 者為青圓,有 ab 者為青皺,其比率為9,3,3,1。優劣共存時,劣性常隱匿而不能現,故得如上之結果。

由前表左上向右下引一對角線,可見除對角線上者外,皆為異型接合子,其子孫常隨代而漸次分離,對角線上之四者為同型接合子,無論其子孫繁殖至何代,皆傳同一之性質,而為固定的品種,四者之中 AB , ab 同於兩者之親, Ab , aB 為完全固定之新種,即新作成黃皺,青圓之二品種。

上述之新種作成,應用以改良家畜或農作之品種,甚為有效。例如今有收穫雖少而耐於疾病,及不耐疾病而收穫甚多之二稻種,若應用上述之理,則可組合收穫多及耐疾病之性質作成優秀之品種。其已成功之實,例有如英國比芬⁽¹⁾氏之於小麥;自今以往,更努力研究,其新發見正未艾歟。觀上所述,可知門得爾第二定律之獨立遺傳之理,無論於實際應用上或變異問題上,皆有密切而重要之關係。

自門得爾之研究再公表於世以來,繼其後為動植物之雜種實驗者,所在多有,而得與門得爾相同之結果者,其例亦甚多。例如日本外山龜太郎博士作蠶之黃繭種及白繭種之

(1) Biffen

雜種而觀之， F_1 皆成黃繭， F_2 則黃繭與白繭之比為3:1，即黃對於白為完全優性，其分離亦正確，頗為模範的好例（參看卷首插圖）。然其後研究益進，漸出種種變例，驟見之似不循門得爾之定律。例如紫茉莉之白花品種與紅花品種間之雜種，其 F_1 全部為桃色，紅雖非完全優性，然 F_2 則紅，桃，白色之比為1:2:1，故知其根本仍從第二定律。雖然，同為紫茉莉之白花品種及黃花品種間之雜種，有時 F_1 皆呈紅紋桃色， F_2 則生十一種相異之花。又白人與黑人雜婚時，有 F_1 生灰色人，至 F_2 亦不現P之性質而皆為灰色者。或9,3,3,1之比率，變為9,3,4及9,7等。凡此種種，其根本雖皆可以門得爾定律解釋之，然須增加各性質之單位，或用種種變通方法。

門得爾之定律，既有例外，故欲使兩相適合，須改正其優劣之假定，英國貝忒孫⁽¹⁾所唱之存否說⁽²⁾或有無說即其一例。豆色有青黃二者，雜種交配，則現種種變化。門得爾假定各種單位以表示其一對性質，而加以優劣之區別，已如上述。若依存否說，則一對性質中，惟一方有單位而他方無之，有單位者即為優性。依存否說而說明豆色，則黃與青非有優劣之關係，惟黃有單位而青無之，普通之豆皆為青色，加以黃之單位則成黃，無此單位則還於原來之青。如此則門得爾之三定律既能說明，而驟見之似與其優劣分離定律不相符合之事實，亦可解釋，故頗得一時之聲望。又有時須多取單位，如普通表白色

(1) W. Bateson (2) Presence and Absence Theory

之性質時，雖用一個單位，然若假定爲數個單位之集合而適用存否說，則有時極易說明且甚便利，雖然，依存否說所不能說明之例亦有之。

此外又有一種補足物說，謂基本因子雖不能獨立表其性質，若得他之補足物，則可完全表出。

依上之二說，則驟視之雖似反於門得爾定律之事實，亦皆能完全解釋，故此定律遂益增其光輝。然研究益進，不合於門得爾定律完全不能說明者其例漸多，若強加解釋，則須極逞想像并假定無數之遺傳單位，且遺傳單位之恒常不變，亦漸生疑念，故漸不能受學者間之絕對信仰。

門得爾派思想之根本，爲遺傳單位之假定，凡遺傳性質皆各有其單位，生物皆爲此單位之集合體，此單位常一定不變，恰如化學上之分子，原子；分子，原子可依化學反應分析之，遺傳單位亦可依雜種試驗分析之。遺傳單位既一定不變，故生物進化的根源之變異，可視爲起於單位之互相組合；此種主張，頗有力於魏司曼之得性非遺傳說。

門得爾說之大要，已略盡於上，茲更附加二三有關係之問題如次。第一爲近親結婚之問題，近親結婚之特徵，爲易於作成同型接合子，此既爲一系統內之結婚，故不待說明而自知。例如堂表兄妹結婚時，其兩親雖異，然有共通之祖父或祖母，其祖父母所有之同種配偶子，因此結婚，有再合成一接合子之機會。同型接合子之重要結果，爲異型結合子時被優性

單位所隱蔽之劣性單位之復現，此爲近親結婚可否之根本原理。即血統中若有遺傳學上的劣性之惡質時，近親結婚後，作成此惡質的同型接合子之機會甚多，或生愚癡不具之兒童而得極不幸之結果，然若此劣性爲如天才等之優秀性質時，則以近親結婚爲宜，達爾文家即其好例，惟普通則近親結婚，仍以避之爲宜。

次爲回似祖先⁽¹⁾(隔代遺傳)之現象，即生物常突然顯現其遠祖之性質，依優劣定律說明之，可視爲長期間隱匿之劣性，偶然合成同型接合子，依有無說以說明之，則認爲表一性質之二單位未相結合時所隱匿之性質，因其單位偶然結合而顯露。

再次爲畜產界所主唱之先天影響說，以甲雄與一雌配合，其影響常殘留於後，俟其與乙雌配合時，顯甲之性質於其子，此例於犬馬最爲確實，其著者如莫爾頓之所試，曾與野生斑馬交配之亞拉伯雌馬，後與亞拉伯雄馬交配，所生之子身現斑紋，其致此之原因，或以爲前雄精蟲之遺留，或逞種種之臆說；此說果真，則一與惡雄交配，其影響直波及於無窮，故雄之選擇須極慎重。雖然，由遺傳學之見地觀之，其說殆不足置信，且絕未與斑馬交配之牝馬與普通馬間，亦有產生斑馬之實例，則斑馬或者爲現今之馬的祖先，亦可依前述之理說明之。近來雖有欲以內分泌說肯定之者，然亦非正確之說明，先

(1) Atavism, Reversion

天之影響，恐終不免於否定。

他如母親妊娠時，若受何種感動，則其印象亦常現於其子，此雖與遺傳關係極淺，然頗類似。例如德國特拉刻門牧場之牝馬交配後，見一斑犬走過，其所生之子，即現一種馬所罕見之斑紋。教育家固常引用此理於人間而唱為胎教，然此不過一種有為而出之言，母親心理印象之現於其子，殆為遺傳學上全無根據之說。

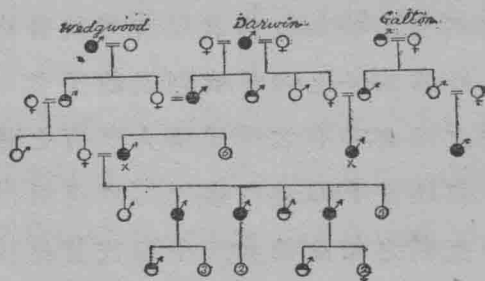
第九章 ⁽¹⁾依系圖之遺傳研究

雜種試驗時，可使性質不同之親任意交配，而檢查其子孫之遺傳狀態，故能得最正確之知識。然至於人則不能如此自由實驗，故除依系圖研究外，別無他法。如數代相續，親子皆有特別性質時，檢查其系圖，則可知遺傳之關係。然人之壽命甚長，不能如雜種試驗之可以檢查數代，故又不得以記錄為惟一之憑藉。記錄愈古，愈為曖昧，記錄若誤，結論亦隨之而誤，故依系圖之研究，不能如雜種試驗時可觀實物而判斷之正確。又系圖上雖為親子之關係，實則為義子者有之，雖生於本母而非其夫之子者亦有之。況乎個人所有之性質，果為遺傳而來之先天的性質乎？抑為因後天的境遇而得者乎？若不精密檢查，常得反對之結論。例如親子數代皆罹肺病時，系圖上觀之，肺病雖似為遺傳病，然病之性質則非是，惟對於結核

(1) Leaneage

菌無抵抗者，或能遺傳。然如親子數代皆為啞時，則即視為遺傳，亦無不可。依系圖之研究，雖有種種缺點，檢查時須精密注意，然有時亦頗有效，可以知種種性質之遺傳關係，其中亦有與門得爾定律全相一致者。已經詳檢之遺傳性質，有如毛色，眼色，白子等之外觀上的性質，三口，指端缺損症等之畸形，或精神病，癲，癩，色盲等之惡病；更進一步，則如精神的方面之低能者，犯罪者，天才等亦屬之，惟於最後者須分辨其由於遺傳或由於境遇。

下列達爾文家哥爾通家及魏治武德⁽¹⁾家之系圖，為天才遺傳之一例。表中之黑圓為上才，半黑圓為中才，白圓為普通才，雙橫線所以示結婚，♂以示男，♀以示女，○及其中之數字以示男女混合之人數；表中第三列由左向右之第三●♂為進化論創立者之查理斯達爾文⁽²⁾，同列之第五●♂為生物測定學及優生學之鼻祖哥爾通。此處所可注意者，查理斯之天才，為近親結婚之結果。



第 12 圖

(1) Wedgwood

(2) Charles Darwin

犯罪者之系圖,亦有知者,而以朱克斯⁽¹⁾之系統為最著。由其中之一劣等女厄達朱克⁽²⁾所生之子孫中,有多數犯罪者,低能者,貧困者及娼妓等。就柏爾曼⁽³⁾之調查,則記錄所載七百人中之百零六人為私生兒,百四十二人為乞丐,六十四人養於養育院,一百八十一人為娼妓,七十六人為犯罪者,其中七人為殺人犯,紐約市為此一族所費之金額,已達二百五十萬元云。

此種系統,其他尚多,蓋不良性質常遺傳於子孫,惡性之人,生來即具不幸之運命,雖然,若更考察其周圍之境遇,則不能謂為精確之結論,此種境遇,固常與普通人以犯罪之機會。

第十章 依細胞學⁽⁴⁾之研究,及性之決定問題⁽⁵⁾

上述之雜種,系圖,統計及人為的變化等,為遺傳性質實際表現時之研究,次述之細胞學的遺傳,則為內在的根本的研究。

有性生殖之新個體,成於雌雄兩親二生殖細胞⁽⁶⁾之接合,故親的性質之遺傳,不能不有賴於生殖細胞之作用,而門得爾之遺傳單位,實亦含於生殖細胞之中。生殖細胞之研究,所以知細胞對於遺傳現象之作用及細胞與遺傳質之關係,故於遺傳之根本上最為重要。近年來學術進步,學者間多盡力

(1) Jukes (2) Eda Juke (3) Pelman (4) Cytology (5) Sex-Determination (6) Germ Cell

於此方面之研究，遂發見種種新奇之事實，而創為種種之理論。

此研究之最重要的對象，為後述之染色體。現今之細胞學者，殆直以遺傳研究為染色體之研究，其中更有與門得爾定律線索相通者（即染色體與遺傳單位相連貫），故其研究範圍逐漸擴大。

然此方面之研究，亦有一種弱點，即此研究雖為根本的，然非直接而為間接的。研究細胞時，須先藥殺之而使之染色，再藉強度顯微鏡之力而檢視之，故非惟不能直接見遺傳性質及其遺傳狀態，且須參以想像之推理，方能說明其各種關係。推理既須明敏，實驗又須精密，故其研究頗為難事，然亦極有興趣。

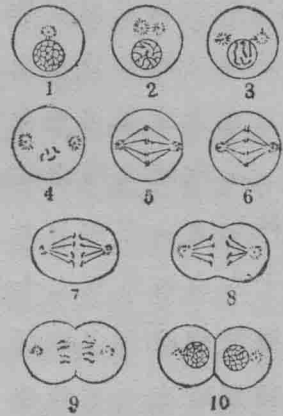
欲知細胞學的遺傳研究之究竟，不能不先具此方面的大概知識，茲約畧述其大要如次：構成生物身體之單位細胞⁽¹⁾，由細胞質⁽²⁾及其中之核⁽³⁾而成，依種種觀察及實驗，而知核於生物表現其生活機能時，頗有重大之使命，亦有其自體即示一個生物之活動者。

細胞之大小，常有一定極限，生物漸次生長，細胞即分裂增加而增大其身體，是為細胞分裂。分裂時中核先分為二，細胞質間漸現境界而斷裂，核分裂時截然斷裂為二個者其例極鮮，大多數則頗費手續，前者謂之直接分裂⁽⁴⁾，後者謂之間接

(1) Cell (2) Cytoplasm (3) Nucleus (4) Direct Division, Amitosis

分裂⁽¹⁾

間接分裂之狀態，可說明如右圖。圖中 1 為普通狀態，核中有由染色質細粒而成之網，核之附近又有所謂中心體⁽²⁾之存在。分裂之最初，染色質網益為顯著，中心體分裂為二而相離，如 2, 3 所示。漸進為 4，則核膜消失，染色質網集而為一條細絲，更分為定數之細條，分裂之中心體，亦漸離漸遠，更進而至 5，染色質細條即所謂染色體⁽⁴⁾者，密集為中央之一



第 13 圖

列，二中心體位於兩極，其間之紡錘體⁽⁵⁾益形發達。至 6，此時之染色體已縱分為二，牽連於二紡錘體，以後則漸分於左右而集於兩中心體，如 6, 7, 8 所示。更循反對之順序而成為普通之靜止核，如 9。再次則核膜漸生而成如 10 所示之二個細胞。大多數之細胞，皆依此種複雜的間接分裂法而分裂，依直接分裂法而分裂者，惟疾病細胞或漸趨衰滅之細胞而已。

細胞所以必依如此複雜之分裂方法而分裂者，蓋欲等量的等質的分配其內容於新生之二核，分一絲為二條於中央，其量或等，其質則未必相等，如若前端為赤而後端為白，則

(1) Indirect Division, Mitosis

(2) Central Body

(3) Chromatin

(4) Chromosome (5) Spindle

中央切斷時，兩方性質不能相同，縱分爲二時，亦白可約略等質，生物的核之內容物，常先分爲多數斷片即染色體，然後更各分爲二，故其分法尤爲精密，分裂方法，既如此複雜，則染色體之重大意義，可想像而知。

染色體與種之關係，頗饒興趣，分裂時所現之數，常因生物種類之異而相異，且各種類常有一定數之染色體，例如葱爲十六，山椒魚爲二十四，一細胞內染色體之大小形狀，雖有種種，然細檢查之，則同形者似各有一對，而其形又常因生物之種類略有一定，故學者之間，有以染色體爲有個性者，而自連貫染色體與門得爾遺傳單位之研究盛行以來，其說益爲有力。

如上所述，爲普通細胞之生成狀況，若爲精蟲⁽¹⁾或卵細胞等之生殖細胞，則又稍異其趣，原來之細胞漸次分裂，最後生成之生殖細胞，祇含普通細胞所有染色體之半數；例如葱之莖根等之細胞，雖有染色體十六，其花粉及胚珠等之細胞，則祇有八個，生殖細胞經生殖母細胞之二回分裂而成，第二回分裂時與普通之間接分裂相同，第一回分裂時則染色體不縱行分裂，故所成細胞，祇有染色體半數，此謂之減數分裂⁽²⁾。減數分裂時，有認爲各對染色體皆等分於兩方之想像說。

生殖細胞生成時之減數分裂，可推定其理由如次：生物之新個體，成於雌雄二生殖細胞之接合，若染色體之數不減，

(1) Spermatozoa

(2) Reduction Division

則兩細胞之染色體，皆入於成子之細胞，而倍加其數，如此生殖數代，其數將增加於無窮，頗不合理；因有減數分裂之作用，乃能兩者相合，適成原數。

觀上述，可知所謂遺傳質包含於核中，染色體為遺傳之過渡的想像，固非無因。學者之間，固有以染色體為遺傳單位之集合體者，而自依多數研究，知染色體與門得爾定律之間，有根本相通之事實以來，其說益信。美國之摩爾根⁽¹⁾曾以果蠅⁽²⁾行雜種及細胞學兩方面之實驗，適用種種性質之遺傳單位於四染色體之各部，創為一種極端之想像說，如指定何部為眼現紅色的單位之位置，何部有觸角下曲之單位等。

然生物遺傳質之全部，是否祇依染色體(即核)而遞傳，則尚為問題，細胞內除核以外，又有名為迷多宮特黎⁽³⁾者，或與遺傳亦有關係，現正在盛行研究；惟染色體於遺傳現象有極重要之功用，則毫無置疑之餘地，而最近此方面之研究，亦進行極盛。

生殖細胞之研究，雖確為研究遺傳上必要之一部門，然不能直接觀察，實為其最大缺點，如欲知何種遺傳性質存於染色體之何部時，非惟目不能見，即想像亦極為困難。

因生殖細胞研究之進步，性之決定問題以起，雌雄兩性之決定，非僅為極有興趣之問題，若能明其理而應用之，則男女雌雄，可以隨意生育，無論於畜產界或人類皆極有用，故為

(1) T. M. Morgan (2) Fruit fly, *Drosophila* (3) Mitochondria

人人之所欲知亘古以來之疑團，生物之兩性，依雌雄二生殖細胞交接時或交接後子體之發育期間之周圍情況而定？抑依交接瞬間授於交接之生殖細胞的個性而定？此為生物學上所應研究之問題。

關於此問題之臆說，學說及觀察實驗，自古有之，如希臘希波革拉第⁽¹⁾時代有唱為動物之右辜丸⁽²⁾可以生雄，左辜丸可以生雌之說者，然依後來之實驗，已知其不過一種妄想。

後至十九世紀之中葉，母體之營養可為決定雌雄的要素之說起，即營養良則多生女，營養不良則多生男，布羅斯謂德國薩克森饑饉之次年，有多生男子之記錄，離辛謂都會之所以多女子者，因都會之營養較優，威爾肯斯更示馬之實驗的結果。

畜產界中，亦有種種異說：如兩性之異，由於交配之時期；或元氣旺盛之壯雄與少數之雌交配時，多生雄者；或雄力強時，反多生雌者；又有謂為溫度之關係者；近年來德國動物學者赫特尉喜飼育蛙之一種於攝氏二十度時，見悉生雌蛙，飼育他種於二十七度時則皆成為雄。

上述各說，概皆出於杜撰，根本的理論未明，固無批評之價值，惟自遺傳研究盛行，門得爾之雜種定律明瞭以來，始漸以雌雄或亦為遺傳的性質，有相同之單位，依其遞傳而決定，若以其性質，亦有優劣，雌雄中之一方全成於劣性單位，他方

(1) Hippocrates (2) Testis

爲優劣交錯的雜種性之優性，則所生之子之雌雄約略同數如此說明始近於合理。

自最近細胞學之研究進步，發見可以說明其根本的要素以來，其說益彰，即所謂X染色體⁽¹⁾者是。依細胞學者之研究，知昆蟲類⁽²⁾之生殖細胞內有與他染色體異其行爲之X染色體。昆蟲之染色體，常雌雄異數，雄爲奇數，雌則多一而爲偶數。雄之染色體中，有形狀大小迥異尋常者，稱爲X染色體，雌之X染色體常有一對。依後之研究，知他動物之細胞內亦有X染色體，且雌雄異數，故此染色體漸成爲決定雌雄之惟一要素。

他動物細胞內之X染色體，不必盡同於昆蟲，雞則雄有二而雌有一，減數分裂時昆蟲（雞則反之）之精蟲成爲有X染色體及無X染色體之二種，卵則各有其一。故卵與有X染色體之精蟲結合時，有二X染色體而成雌，與無X染色體之精蟲結合時，祇有一X染色體而成雄。二種精蟲既同數生成，故雌雄同數之原因亦可冰釋。以上所述，爲近時最著之馬克弄⁽³⁾、威爾遜⁽⁴⁾等的X染色體說；性之決定，在於受精之瞬間，與境遇之如何無關。

懷疑性之決定問題能全依染色體而解決者，雖尙有其人，然此或爲染色體萬能說所惹起之反感；染色體爲決定性

(1) X Chromosome, Accessory Chromosome (2) Insects, *Hexapoda*

(3) McClung (4) E. B. Wilson

問題之最重要素，固已無置疑之餘地。

第十一章 育種學及優生學⁽¹⁾

遺傳學勃興以來，新起之實際的應用學科有二：一為育種學，一為優生學，前者應用門得爾之定律，研究所以理論的改良家畜及農作物之品種；後者依遺傳學之理論，由根本的內的性質改善人類，以圖社會之向上。兩者皆為獨立的專門學科，今固無詳述之餘地，然其理論，已略如上述，茲更述優生學之梗概如次。

性質與境遇，其影響於人者孰大，固為人類極重大而極有興味之問題，然依現代之遺傳學的見地，則遺傳之性質，遙較境遇為重大。有色盲單位者，所生之子皆為色盲，有愚癡單位者，所生之子皆為愚癡，若未承受其親之優秀單位，則無論如何教育，其效果終有極限，後天的得性多不遺傳，故雖由教育稍能改易某性質，然亦不過止於一代而已；即教育，法律，醫術等，其效果皆為一時的，若不從遺傳單位根本的改易其性質，則人種改良，社會善導，恐終不免為空談，此為遺傳學上之主張，優生學即由此而起，所以消極的防遏有惡劣遺傳質者之生育，積極的圖謀有優秀遺傳質者之繁殖者也。美國有數州，現已有施手術於罪人，以除其生殖能力者，然人為感情的動物，循理論而實行，固多困難，而純依優生學，則人之最後皆

(2) Eugenics

將成賢哲，此亦不能置信，惟優生學為改良人種上之根本的理論，則不能不相當的尊重。結婚時之血統調查固自古行之，最近則以為須從優生學的見地上選擇之。

遺傳質之重要，雖如上述，然教育，法律，醫術等，亦豈能謂為完全無用？玉不琢不成器，生性雖如何優秀，然若境遇惡劣，或終無表現其性能之機會；生性雖如何惡劣，然亦豈能不以外界的要素力圖改善？境遇之力，固亦甚大，近年來因妄信優生學的效能之反動，遂更起一種境遇改善的學科焉。⁽¹⁾

(1) Euthenics

第八篇 進化論⁽¹⁾

第一章 進化論大觀

進化論之語，凡受過普通教育者，固無不知之，然其明確之知識及重大之意義，果已普及於一般否？則不能無所疑。

進化論所齋與吾人之果實決非甜蜜，衆生的主宰之神靈，既不能保持其尊嚴，所謂萬物之靈的人類，亦不得不失墜其特殊的地位。進化論非惟示吾人以一般生物之進化事實，且更拔除人類之假面而暴露其真相。依進化論，則人亦爲獸類之一種，原無異於犬猿等，其生理、心理及構造上，固皆有同一之根本，且與一般生物同支配於共通之自然定律。故由生物學方面言之，現代之吾人，固不能不自覺其淒楚之淪滅，而此時此景，又豈能與由伽利略之地動說而覺醒地球爲宇宙的中心之夢想同日而語乎？進化論出，吾人之思想行爲，固皆受極大之影響，然則進化論大意之修習，又焉能不爲現代吾人之一種悲慘的義務。

通觀古今，其最影響於人類思想之科學的發見，尙有過於進化論者乎？進化論非惟證確生物進化之事實，其理論直

(1) Theory of Evolution

可適用於人類，人爲何物，既有根本的變化，而與人生有密切關係之哲學，倫理，宗教等，亦焉能不動搖其基礎。

進化論對於生物學界及其他各種學科之影響，既如此其大，然則進化論之所教者果爲何事？簡言之，即現在生息於地球上之生物，既非爲神之所創造，亦非開闢以來所原有，概由無機物而有機物，由有機物而生物，漸次進化而來；由有機物而來之生物，亦非突然即生如現今之所見者，最初不過由漸有生命之微細有機物的一部，先成爲單細胞之下等生物，次第進化，乃有今日，其變化又極徐緩，子生於親而稍異於親，即爲兄弟亦非全然相同，漸次變化，遂生如今日之迥異先祖且各不相同之種種生物，進化之事實如此，由事實而創爲理論，固亦進化論之所有事。

近於進化論之思想，雖自古有之，然成爲有組織的學問，則始於極近世之達爾文，一般進化論之唱道，乃基於1859年出版之達爾文之物種起源，自此以來，進化論之研究，極爲盛行，優秀學者輩出，發表論文極多，即在今日，猶爲極喧囂之問題，然研究愈進，雖事實愈明，而其理論則益入於五里霧中；吾人現今所確知者，祇爲生物皆漸次進化而來之根本大要，至其詳細，則尙多未明，例如人及犬，猿等之個個生物，果由如何徑路而進化爲現在之狀態乎？進化果起於如何原因，并依如何定律？則吾人之知識，現尙幼稚，學者間之意見，皆不一致，今日之所論列者，固多爲個別之條目，或部分的理論，而非明確

的綱領，惟進化之事實，則已無置疑之餘地。茲先述可以證明進化之種種事實，然後更及其由古迄今之理論的變遷。

第二章 生物之起源

生物的起源之題目內，包含有三種問題：即現在生息的生物個體如何而生？生物之種類如何而起？原來地球上之有生命的生物如何而來？說明第一問題者為發生學⁽¹⁾，其研究較為詳細而確實，討究第二問題者為進化論，後當詳述，第三問題為關於生命的起源之理論，以現在的智識，則所知極少。無論何種生物，其個體皆生於既存之親體，固毫無置疑之餘地，苟為生物，則雖如細菌之微細⁽²⁾，亦必生於親之生殖作用，決不能突然發現。古昔智能未進時，常有種種迷信，如雀入於海而成蛤，鰻登於山而化芋，蛆蚤自然發生，名為化生濕生。凡此種種，雖皆認生物可以突然變化，無生命之物，可以突然有生命，然細加考察，則知嚮之以為突然變化者，實亦各有其所自來之親體。

腐敗物之能化生種種生物，非惟古代，即現在之未受教育者亦無不信之。古代希臘大哲亞里斯多德固已確認其事實，即至最近，羅斯等猶謂若有人疑及蛆蝗等之化生於腐敗物不確，是何異不信人類之理性及五官，經驗，若至埃及而觀之，當能見生於尼羅河泥中之鼠羣，充滿於附近之田間。

(1) Embryology (2) Bacteria (3) Ross

最初矯正此等謬誤者，爲十七世紀意大利之勒狄⁽¹⁾氏，張網以防蠅，而見食肉上不生蛆，遂否定濕生之迷信，其後智識漸進，乃知驟視之雖似爲自然化生者，實則皆有所由來。

自顯微鏡發明以後，發見種種如細菌之微生物，濕生之信念復起；然其後依巴士特⁽²⁾之實驗，乃知其亦有根元，若依消毒法而死滅之，則除非受外來之傳染，微生物決不能自然發生，罐食製造及外科手術，皆爲此說之應用。

現在生息於地球上之生物，皆生於其親之生殖作用，已如上述；然既有生物之流傳，不能不有最初之根元，即生子者爲親，親復有親，依此回溯，則最初不能無無親之生物，此即爲第三之生命的起源之問題，康德及拉普拉斯之星雲說，殆已爲確定不移之事實，依此則地球最初爲熾熱的氣體，漸次收縮凝固，乃成今日之狀態，地球之由來如此，其始也必無生物，然則生命之起源，必仍以無生的物質爲根元，此問題之解釋，其說甚多，學者之間，亦有謂爲附着於隕石而來自他種天體者，克爾文及赫爾姆霍斯等物理學者，考察隕石并分析彗星尾部之分光景，皆認爲有碳氫化合物之存在，然隕石達於地球以前，既已發生高熱，則生物能否耐此熱度，殊爲疑問；况縱令地球生物確來於他種天體，此問題亦不能謂爲根本解決，即若不認生命爲創造於何時何處之無生物質，則生物最初之先祖之起源，決不能理解。

(1) Redi (2) Pasteur

依種種研究而綜合推論之，生物之起原，可較真確的說明如次：依次回溯而至最初，其究極必達於電子，電子為構成物質之最終的單位，互相結合以成原子，分子，而組合為種種複雜之化合物，更由無機而有機，遂成今日生物之根元，最初所成者雖云生物，然與無生物間非有顯然的區別，其始也不過為蛋白質的膠質之無定形物，略有簡單之機能，經無數階級，乃徐徐進化為今日之狀態，即如細菌之最原始的生物，若與最初者相較，已不知經過若干時代之進化。

最初生物之由無生物而來，雖如上述，然此種創造，祇見於過去之一次乎？抑亙古及今現在亦尚能見之乎？則學者之間，其說不一；主前之說者，以為地球自生成以來，已不知幾經變化，方有今日；故在過去之變遷階級，必有迥異今日之適於生物創造的情況；其例證可就精化物而說明之：精化物頗類似於構成生物體之物質，合成時須要極高熱度，依此事實，則精化物合成於地球之白熱時代，及其冷凝，遂成生物；此說固極為精妙，然既未能見之實際，故亦不得謂為確定之事實。

主後之說者，不認適於生物創造之情況祇限於過去之一次，若境遇適合，則無論何時何處皆能見生物之創造，吾人現在所得見之最簡單而微細的生物為細菌，然有時雖明知一種疾病之原因，起於病原體，而以顯微鏡觀之，則不可得見，即以濾紙濾過之，亦無一物之殘留，於以知必有現在的最高度顯微鏡所不能見之更小的微生物之存在，此事實雖似可

左袒後說，然亦無確然之實證，生命之人造雖自古唱之，且試行種種之實驗，然能否成功，殊為疑問。最初之極簡單的生物，將來或能人造，然兩說孰是，則現在尚不可知。

生命之起源，已如上述。此種原始的生物，果經如何徑路而成現在之狀態，為前述之第二問題；所以證明現在的各種生物皆由此種原始的生物漸次進化而來之事實，且考究其理論者，實為次述之進化論。

第三章 進化論之歷史

進化論之確立，雖不能不歸功於達爾文，然達爾文以前，已有種種學說。進化論之歷史，殆同於動物學之歷史，古來之哲學者及生物學者，幾無不各有其所見，自希臘大哲亞里斯多德以降，如笛卡兒⁽¹⁾，斯賓挪莎⁽²⁾，陸克⁽³⁾，來布尼茲⁽⁴⁾，康德⁽⁵⁾，黑智爾等，或出為近似現代之進化論，或出為迥不相同之神之創造說。

上述諸大哲之學說，今不暇述，而足稱為進化論之鼻祖者，則推查理斯達爾文之祖父伊拉斯莫斯達爾文⁽⁶⁾及德國之詩人哥德⁽⁷⁾。前者於1794年出版所著之生命學⁽⁸⁾，後者於1824年發表所作之論文集，對於生物之進化，各具有頗正當的見解。德國之動物學者赫克爾⁽⁹⁾頗為哥德之崇拜者，故常以哥德為進化論之鼻祖，然實際上發表有秩序而有根據的進化論者，

(1) Descartes (2) Spinoza (3) Locke (4) Leibnitz (5) Hegel

(6) Erasmus Darwin (7) Goethe (8) Zoonomia (9) Ernst Haeckel

則不得不推拉馬克。

如上所述，知進化論之問題，自古已有所論究；然其後即入於黑暗時代，直至近代，皆以爲生物種類，自開闢以來，即如是而未變，即人之先祖，雖追溯至何代仍爲人，猿之先祖，雖追溯至何代仍爲猿，今日之子孫，固毫無異於最初之先祖，然若詢其何自而生，非謂爲神之創造，則以爲由天而降，此種謬想，非惟一般人有之，即著名之學者亦有之，十八世紀初葉之瑞典博物學者林那⁽¹⁾亦其中之一人，林那博學多識，青年時即著博物之系統⁽²⁾一書，於動植物之分類學上，其功極偉，然觀其著書之卷首，則書以現存於地球上的動植物，皆爲上帝之所創造，其種類不增不減，以至今日，林那之功績，爲空前絕無的完全分類法之創成，及拉丁語屬名與種名的二名法之制定（依此可識別生物之種），所貢獻於學界者既偉，故在斯界之勢力頗大，則其關於生物之種的意見，所以深信於一般人者，誠非無故。

此時動物學者拉馬克出現於法國，種種研究之後，遂於1809年之六十五歲時，發表所著之動物哲學，反對從來之生物種屬不變說，氏就化石及比較解剖而研究之，漸注意於生物種屬之徐徐變化，乃搜集種種證據而說明其理由，以成其所發表之著作，此種見解，在當時固極偉大，然所可惜者，其思想既過高於一般世人而難於理解，當時之法國又有勢位遠

(1) Linnæus (Carl von Linné)

(2) *Système Naturel*

(3) Fossil

高之動物學者谷維厄⁽¹⁾左祖林那之生物種屬不變說而反對之，故拉馬克之說不得不埋沒於無形。

谷維厄亦為卓越之動物學者，於化石學及比較解剖學⁽²⁾上，其功尤偉，以立今日動物分類學之基礎；所可惜者，其對於生物的種之見解，猶不能脫舊來之桎梏。然研究益進，亦漸發見種種矛盾之事實，地層中所掘出之化石，既無一與現在者相同，而其種類又因層而異。氏為解釋其矛盾，遂唱為極怪誕之天變地異說，謂地球上生物之創成，其回數非祇一次，每一次創造之前，地球必發生大變動，以前之生物皆死，新生物之種類代之而生，現在所掘出之化石，即地變時死滅的生物之遺體，自地球開闢以來，此種變動最少亦有十四五次。此種觀念，由今思之雖完全近於滑稽，然在當時，拉馬克祇終其一生於教授，而谷維厄則為政府之重要官吏，故能以其勢力壓倒拉馬克說，而取得一般之信仰。

當時學者之間，以生物為漸次變化者，亦非無其人，如聖提雷耳⁽⁴⁾者，即主張拉馬克說，至與谷維厄開討論會而大逞論戰；然因學識既淺，所說亦不完全，遂於1830年七月三十日不得不為最後之敗北，谷維厄說乃益逞其威勢。

谷維厄說當時雖達全盛時期，然自同1830年英國地質學大家來伊爾⁽⁵⁾之地質學原理出，其說遂失其根據，現在的地

(1) G. D. Cuvier

(2) Fossilology

(3) Comparative Anatomy

(4) Etienne Geoffroi Saint-Hilaire

(5) Lyell

球表面之迥異於往古，可由山中掘出之貝殼化石而知之，既有貝殼化石之存在，可知其以前必為海底，然陸海之變化，固非急激而起，地球漸冷，表面先凝縮而生皺，以成凹凸之地殼，更由風雨寒暑河海等之作用，凹者填之，凸者削之，徐徐變化，而成今日之狀態。其作用之徐緩，雖殆為目不能見，然若一思地球生成以來已經過幾億年之極長期間，則如此極可驚異的大變動之形成，亦何足為奇，來伊爾固以種種實例說明地球開闢至今之變化為積微漸著，故谷維厄之急激變化，不能不為所否定，而天變地異說遂失其存在之根據。

天變地異說破，學術界遂仍入於混沌狀態；與此黑闇時代以充分之光明者，實為達爾文氏，自1859年其所著物種起源出版以來，進化論乃成為確定不移之事實。聖提雷耳雖對於生物之進化亦有正當之見解，然因論據薄弱，說明不足，故未為一般所確認，達爾文則非僅足以確證進化作實之資料豐富，且更創為自然淘汰說以說明進化之理論，故能風靡一世，至今猶不失其權威。

十九世紀之著作中，其最影響於人之思想者，當首推達爾文之物種起源，其著作之出版前後，頗有一可誌不忘之佳話。物種起源雖出版於1859年，然達爾文之注意於進化作實而立志研究，則始於青年時代。氏於大學卒業後，乘探險船比谷爾號周游於世界者6年，考查各地之動植物地質等，漸知生物種屬之創造於上帝而一定不變為不合理，歸國以後，悉

心研究，遂證明進化之事實，更創為自然淘汰說以說明其理，然猶復自重，不敢遽行發表。至1858年英國大探險家窩雷斯亦注意於進化及淘汰之事實，纂輯其研究之結果為一論文而送於達爾文，以求其公表，達爾文雖不能自禁其驚異，然氏固寬宏大量而非爭功者比，遂通知此意於林納學會，懇其發表於會誌。然當時學會幹事之來伊爾及呼克爾⁽¹⁾，以前即知達爾文之研究，乃勸其輯為短篇與窩雷斯之論文同發表於同年七月之會誌。翌年(1859)之十一月，達爾文為補足其論文，又纂集其研究之全部為一書而公於世，即所謂物種起源也。窩雷斯亦以自說雖與達爾文說約略相同，然達爾文之研究既較已甚早，且其論據豐富，思想深遠，故於自著之進化論，特名為達爾文說⁽²⁾而讓其功，且其出版又在世人已確認達爾文之功績以後之1889年，以冀酬報其以前之雅量，此誠為科學史上所不能埋沒之佳話。當物種起源初出版時，基督教信者中，頗有以其反於教義而攻擊之者，然事實具在，固無可奈何；而尤以英國赫胥黎⁽³⁾及德國赫克爾等生物學者頗盡力於其普及，於是進化論之學說，遂成為生物學之最重要的研究對象，各國之第一流學者，皆續行研究而發表種種意見，其中與達爾文說相一致者固多，而反對之者亦非絕無。如新達爾文派魏司曼之生殖物質繼續說，與此反對之新拉馬克派學說，門得爾派貝忒孫等之遺傳單位不變說，得甫里斯之突然變異

(1) Hooker (2) Darwinism (3) Huxley

說,及最近稱爲擊破自然淘汰說之約罕森純系說等,爲其中之最重要者。

第四章 證明進化之種種事實

進化之理論,雖愈研究而愈益混沌,而其證據則愈益確實而豐富;生物之進化,蓋已成爲無可置疑之事實,茲先略舉其證據,然後再及於理論。

生物進化之證據,雖來自種種方面,然多可見於解剖學⁽¹⁾,發生學,生態學⁽²⁾,古生物學⁽³⁾,分布學,分類學⁽⁴⁾之六項,全部舉之,將成巨冊,本書不暇備載,茲僅畧述其著名而易於了解者如次。

解剖學上之證據,卽種種退化器官及動物異而器官同之比較。人及動物之身體內部,常見有種種現在所不必要之退化器官,其例頗多,而以人及猩猩之盲腸爲最著,時起盲腸炎,常有害而無用,然觀之於兔,則盲腸非惟發達,且有實際之功用。由此觀之,若以人類爲神所創造,則其體內何以最初卽具此不必要之器官?若以人類亦原爲有盲腸之動物,漸次進化而來,因無再用盲腸之必要,遂退化而祇留痕跡,則其存在極易解釋。又如獸類所用以運動耳尾之動耳筋及動尾筋,人類雖不用之,然體內亦有其退化物之存在,其他動物所有之退化器官,亦可依進化之理,完全冰釋。若必以生物爲神所創造,則所以作成此無用器官之理由,殊難索解。

(1) Anatomy (2) Ecology (3) Palaeontology (4) Taxonomy

其次之證據，爲比較解剖學上之事實。動物學上有所謂相似器官及相同器官之區別，前者指功用相似者而言，如蝶翅之與鳥翼，後者指構造相同者而言，如鳥翼之與人手。解剖相同器官而比較之，實可爲說明進化之證據。今例舉昆蟲之口器而考查之如次：集各種昆蟲而觀之，其口器之千變萬化，各適於食物之攝取，殊足令人驚異，如蝶之吸花蜜，蠅之舐食物，蟬之吸樹液，蝗之嚼草木，其生活狀態各異，而口器之形亦如之。然解剖而考查之，則知其根本的構造無不相同，即昆蟲類之口器，皆由一上唇，一下唇，一對上顎，一對下顎而成，惟因生活之異，各部乃呈種種變化，以適合於各蟲之狀態。就此事實推之，可知昆蟲類必由口器的構造一定之同一先祖，漸次分離進化而來，故其外形作用雖各不相同，亦能有同一的根本構造；若以其各別爲天神所創造，則最初即應隨其用途使各具適宜之構造，乃外形雖異而根本則同，實百思而不得其解。

哺乳類之前肢，固因作用之異而外觀大不相同，然一考其骨骼，則見有同一的根本構造，如第14圖所示，6爲游於海的鯨魚之鰭，7爲飛於空的蝙蝠之翼，8爲掘土的土龍之手，1爲握物的人類之手。若強謂爲天神最初即如是創造，雖非不能，然總以最初之同物因用途不同乃漸次變化爲比較妥當。如上所述，雖不過二例，然縱觀動物界而考查之，當知其實例可有無數，其事實即令爲間接，亦足證進化之非虛。



第 14 圖

次於解剖學而足為進化之證據者，如發生學上之事實。普通生物，皆由親體內所生一細胞之卵，漸次發育而成，今若考查其經過，亦可見種種生物進化之事實。例如人之胎兒，發育之間，常見有鰓之發生，後方消滅，出生時則完全不見發育之中途，何以有其親所無之不必要器官發現，此固神之創造說所難於索解，然依進化論，則人之最初，亦由有鰓動物漸次

進化而來，而由卵之發育以至出生，又恰如進化之反覆，故於發育之間，仍現其昔日之姿態。

如上之例，生物界中，其數極多，如牛羊之上顎前齒，固皆缺之，然其胎兒則必先發現一次而後消滅，此與人類胎兒之鰓，其理相同。

其尤奇特者，爲由人類，兔，牛，豬，鷄，龜類，蝶，蠅，魚類等，相異動物之卵，漸次發育之胎兒狀態，如第15,16圖所示，其始也極爲相似，次第發育，乃生變化，如上所述，個體發育之一代，恰如系統發生之反覆者，觀於此事實而益明，若以生物之種屬爲不變，則殊費解釋，故不得不認凡生物皆由迥異今日之同一先祖分離進化而來。

更觀分類學上之事實，亦無一不認生物爲進化，分類者，集相似者分爲部類，更集相似者中之相似者分爲高級部類，依生物之血緣，漸次爲階級的區分之謂。動植物界中之最大部類爲門，門分爲綱，綱分爲目，爲科，爲屬，爲種，以定生物所屬之種，今集一種內之生物而考查之，亦見有極大之變異，而非具同一的形態，若比較其兩極端，幾多不能認爲同種，反之，以前所認爲獨立之兩種者，若發見其中間物時，則兩者可合併而爲一，由此觀之，可知生物之種，並非一定不變之型，不過爲便宜上所作之標準，以示其相似之性質而已。

此種事實，非惟於種與種間爲然，卽屬與屬間，科與科間，綱與綱間，亦多有境界不明之中間物存在，凡此種種，與其認



魚類

蟾蜍

龜類

鳥

第 15 圖



猪

牛

兔

人類

第 16 圖

爲最初卽創造無數種屬不明之生物，而相傳至今無所變異，固不如認爲由同一先祖漸次分離進化而成相異之種屬，則中間物之存在，極易理解。

觀於世界各地之動物的分布，亦可見種種進化的事實之證據，達爾文之注意於進化的事實，固以其乘比谷爾探險船歷觀世界各地之動植物的相異狀態爲始點。試觀海洋相隔之各大陸或島嶼上之動物種類，卽令相似，亦不能完全相同，產於一島而不產於鄰島者，亦有其例。又如亞洲，南美，非洲，澳洲之各大陸，固皆有其特異之動物種類。此等事實，將如何解釋？固仍不能不歸於進化之一途。

若依地殼變動說以推論，則現在相隔之二島，以前或卽爲相連之大島。此事果確，則二島分離後，以前之動物亦必分住於兩方，若生物之種屬永久不變，則兩島之動物應同其種類，而事實非是。兩島動物之所以異者，因分離以後殘留於兩方之同一種類，爲適合於各島之境況，乃漸次變化而成今日之異形，由此觀之，亦可證進化之爲事實。

上述之解剖學，發生學，分類學，分布學上的事實，皆爲生物進化之現在的證據，以之推察過去，雖祇爲間接的，或不免有所懷疑，然其實例既所在多有，而說明又非誤謬之曲解，則雖非直接，亦可確證進化爲事實而有餘。至次述之古生物學上的事實，則爲過去的生物之遺體研究，進化之事實，更依此而得直接的確實證明。所可憾者，雖云生物之遺體，祇不過爲

堅硬部分之殘留化石，遺體之成爲化石，其機會既不甚多，而埋沒地中，難於發見，即得見之，又發掘非易，故其研究極爲遲緩。然迄於今日，所發見之重要而富於興趣者，數亦不少矣。

覆於地球表面之地層，原成於河海中微細泥砂之沈積凝固，自地球生成以來迄於今日，已不知經過幾億年之極長期間，地層愈深而愈古，愈上而愈新，地質學者由古代順次分地層全部爲原始代⁽¹⁾，古生代⁽²⁾，中生代⁽³⁾，新生代之四大期，各代之內又細分爲紀。今考查各紀之地層中所發見之化石，則見地層異者，化石之種類亦異，其層愈古，所含之動植物愈下等而簡單，且新層所出之化石，決不能見於以前之古層。欲考查生物進化之實際的徑路，固應依時代之順序而排列各地層所出之化石，然依現今之不完全的古生物學，不過祇能知其大體。原始代層極少化石之存在，即有之亦極下等，至古生代乃漸現魚類之化石，然與現在之魚類則全異其趣。中生代如蛙及蜥蜴等之兩棲類，爬蟲類其數極多，鳥類及獸類之化石，則始現於中生代後期或新生代初期。此等魚類或兩棲類，皆因地層而全異，古生代及中生代之地層中，絕無與現存於地上動物之相同的化石。睹此事實，而猶信生物種屬爲不變者，不足與言矣。

今所發見之化石中，其最饒興趣者爲德國白愛倫中生

(1) Archæan Era (2) Palæozoic Era (3) Mesozoic Era (4) Cainozoic



第 17 圖

代地層中掘出之始祖鳥及美國新生代地層中掘出之化石馬。前者爲鳥類最古之先祖，有羽毛及便於飛翔之身體構造，如第17圖所示，所異於普通之鳥者，翼有三指，其端有爪，嘴有細齒，尾有骨骼。此爲現今之爬蟲類及鳥類先祖之中間物，卽以示太古之爬蟲類漸次進化爲現在的鳥類之過程，其化石極爲貴重。然今所發掘者，祇有保存於倫敦博物館及柏林博物館之二個

後者發見於南北美洲之新生代各地層，其數達數百，依地層順序而排列比較之，可知馬之進化爲現在的狀態之徑路。由新生代最古之層所出者，其形甚小，前足有四趾，後足有三趾，驟見之雖不似馬，細察之則知爲馬之先祖。地層漸新，其形漸大，其趾亦由四而三由三而一，漸次進化，以示達於現今之階梯。凡此種種，皆爲實例，更無置疑之餘地。此外可依化石而尋其進化之跡者，亦尚有之，例如最初祇有一角之鹿，漸次進化爲多數分岐之角，亦可依化石而知之，貝類中亦有數例。

第五章 拉馬克及達爾文之理論

如上所述，進化之事實，已無置疑之餘地，然一詢其原因理由及定律，則不明之點尙多，常爲學者間爭論之焦點。對於進化理論，最先創有相當的價值之學說者爲拉馬克，茲略述其大要如次。

拉馬克進化論之根本的理論，普通稱爲用不用說⁽¹⁾。縱觀自然界，而知生物有適應外界的情況之性質及隨其境遇而變化之能力。如因生活之狀態，有時一種器官使用最多，反對之器官漸不必要，故使用多者漸次發達，不必要者漸次退化。例如麒麟之首，因食高樹之葉，漸次延長，鼯鼠之目，因生活於地中，漸次退化而縮小。如此因習性而起之身體變化，傳於子孫而漸次相積，生物遂呈進化之現象。即生物之種，非如從來

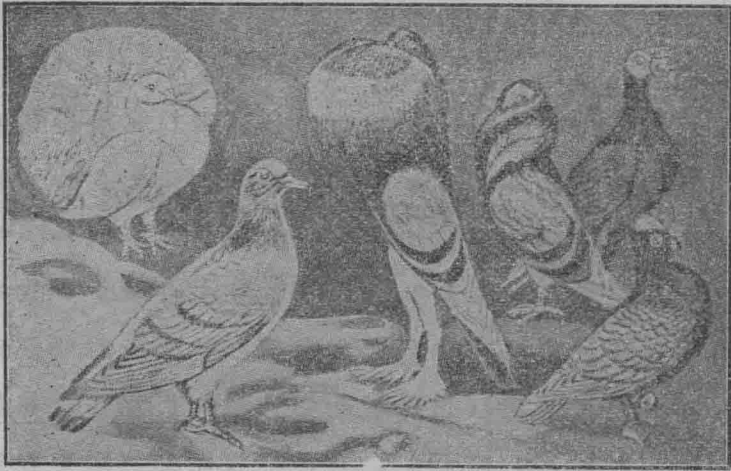
(1) Theory of Use and Disuse

所說之一定不變，常因外界之境遇，起器官之用不用的變化，積微漸著，遂迥異於前。

拉馬克說雖為說明進化之精妙的解釋，然其理論既有時誤謬，其說明亦有時不能適合，生物為適應境遇習性而起後天的變化，其變化雖為自然界所見之事實，然其後天所得的性質，果否遺傳，則為現時難決之問題；且生物之性質中，亦有雖不使用而現種種變異之器官，例如花之色香，雖不能為用於植物，然亦呈種種之變異，此種性質如何而生？依拉馬克之用不用說，頗難說明，更觀之他種事實，而知拉馬克說猶非充分完全。

其後達爾文之所創者，為自然淘汰說⁽¹⁾，其所張之旗幟，為生存競爭及適者生存⁽²⁾⁽³⁾之二標語。達爾文之說明，先求於人飼之動植物，其中之變種甚多，最珍奇而著名者為犬及家鴿，鴿之變種中，有膨其胸者，有如孔雀之尾者，有一出籠外則顛仆旋轉者，種類頗多，此等變種，最初即生於自然乎？非也，蓋皆人為的由自然之原種所變成；即以證生物之有變異性，利用動植物之變異性，選擇其中之適合於目的者而繁殖之，適者之中，更選擇其最適者，如此逐漸變化，遂成多數變種，是為人為淘汰⁽⁴⁾，淘汰之可能須具備二種條件，即動植物有變異性，且變異性可以遺傳。

(1) Natural Selection (2) Struggle for Existence (3) Survival of the Fittest
(4) Artificial Selection



第 18 圖

應用此理於自然界，以說明現在的動植物之生成者，即所謂自然淘汰。達爾文讀馬爾薩斯⁽¹⁾之人口論⁽²⁾頗有所得。馬爾薩斯謂人口增加與幾何的級數為比例，食物增加與算術的級數為比例，人口之繁殖遠較食物之增加為大，故人之生活不能不漸趨艱苦。自然界中子體之生育，普通皆為數極多，如一尾之鱈一次常能產卵數十萬。然所生之子，雖為數無量，自然之情況，則不許其全部生存，鱈之產卵雖多，然從未聞海中有鱈滿之患，蓋所生之卵，能成長為親而更產卵者不過數尾，餘則或死於自然，或無餌而餓死，或為他物所食，自然界固常保其平均，生物之生子，常超過其能生存之限度，故欲維持生命而成長為完全個體，不能不爭食於同類或逃避於敵口；同

(1) Malthus (2) Essay on Population

種異種間之劇烈競爭於是乎起，是爲自然界之生存競爭。

更觀生物界中，同一種屬者，其性質不必盡同，卽爲一親之子，亦常有疾馳緩行等之種種變異，其有較適應於周圍的情況而能戰勝於生存競爭之形質者，常多成長而繁殖之機會，是爲適者生存。自然之情況極爲複雜，何者能適合境遇而戰勝競爭，雖不可豫知，然若無論何時，皆以適者能殘存，至於次代，更殘存適者中之最適者，則個體之優秀形質，雖所差極少，繼續於數代數十代後，因遺傳而漸次進化，遂成迥異先祖之新種，是爲自然淘汰。

⁽¹⁾
雌雄淘汰，爲達爾文所舉自然淘汰之一種，如雄鳥之羽毛，鳴聲，於生存上無直接之功用，何以能如此發達？卽須用此理以說明之。多數動物，皆雌雄相合而始能生子，故同種之間，不能免配偶者之互相競爭。然競爭之敵多爲雄者，雌者則惟勝是從，而勝者又不盡限於腕力之強，反多見於聲音，羽毛，色澤之優美。雌者既好雄者之此等性質，故此等雄者，常較他種多產子之機會，如此代代相傳，漸次發達，遂生如今之羽毛鳴聲。前述拉馬克說所不能解釋之花之色香，亦可依此說明之。

達爾文主張生物進化之理，雖多歸於自然淘汰，然其說明中有時亦頗符合，拉馬克說後天的性質之遺傳，自然淘汰的資料之變異，雖多指微細之彷徨變異，然其他之突然變異，亦未除外。

(1) Sexual Selection

第六章 達爾文以後之進化論

自達爾文出，始創自然淘汰說，而集進化論之大成，已如上述，然因其說迥異於往昔，故最初反對者頗多，尤以人獸皆由同一先祖進化而來之說，遭宗教界之痛擊，然事實具在，固無可如何，故此等反對未幾皆冰消雲散，進化之說於以確立。

其後科學進步，生物學亦復如之，學者輩出，所貢獻於進化論者極大，研究愈進，進化之事實愈確，至其理論，則贊成達爾文者有之，反對達爾文者亦有之，議論續出，莫衷一是，而尤自最近生物之遺傳及變異盛行研究以來，進化學說遂漸起種種之變動。

達爾文之物種起源出版後，英國赫胥黎及德國赫克爾努力宣傳，故英德之進化論普及，皆較他國為早，然兩氏皆繼承達爾文說，別無新奇之可言，惟赫克爾於達爾文說外，更認拉馬克之後天的性質之遺傳。

確認達爾文說而全然不認後天的性質之遺傳者，稱為新達爾文派，窩雷斯及魏司曼為其中之主要者，窩雷斯與達爾文同時發表自然淘汰說，後更出版其所著之達爾文說，已如前述，其說之異於達爾文者，在於全然不認後天的性質之遺傳，至魏司曼，其主張更趨極端，謂生物進化之原因，惟在於自然淘汰，自然淘汰的資料之變異，非起於外界的境遇，祇成於雌雄生殖質之組合，即所謂生殖物質繼續說，現今之多數

學者，皆受其影響。

新達爾文派以外之新學說，皆與達爾文說相反對。既云新說，則其異於前說也固所當然，猶以達爾文說爲最完全之理論者，亦非無之。進化之理論，爲極難解決之問題，故其爭論，亦極爲糾紛，將來如何歸結，殊難豫料。茲略述各種新說之大要，而簡單批評之如次。

第一爲新拉馬克派，此派之意見，與自然淘汰萬能之新達爾文派適相反對，復活拉馬克說，極端尊重依外界的直接作用而起之順應的變異，痛詆自然淘汰爲無用。此派之代表者爲羅曼內斯⁽¹⁾赫特尉喜等，他如古來之斯賓塞⁽²⁾赫克爾內革利⁽³⁾等亦有相同之意見，而最近如柯普及⁽⁴⁾奧茲本⁽⁵⁾等之唱爲極端說者亦有之。

此派學者所主張之要點，仍繼承拉馬克說，以爲生物對於外界之變動，固有適應性，然與其如達爾文說以生物之進化爲起於盲目的生成之變異中之適於外界的境遇而殘存者之優秀形質的漸次蓄積，不若謂爲起於因適應性而直接新生的性質之遺傳。即新達爾文派以爲生物形質之所以適應於外界之境遇者，因盲目的生成之種種變異中，惟適者方能依自然淘汰而殘存，而新拉馬克派，則以爲外界作用，直接影響於生物，而新生適應之形質。

(1) Romanes

(2) Herbert Spencer

(3) Carl von Nageli

(4) Cope

(5) Osborn

新拉馬克派之論據，可舉數種如次：達爾文之所謂自然淘汰的資料之變異，爲所差極微之彷徨變異，然如此微小之差異，極難爲生存競爭上之勝負標準。例如一種生物，逃避外敵時，極微小之遲速差異，果能有無功效，在自然界的機會上，殊不能無疑。然信自然淘汰說者，則說明之如次。

一一分論時，如上所述固極爲正當，然若取多數之統計而觀之，則仍以具稍優之性質者殘存較多，達爾文說，蓋於此時極爲妥當。如將綠色螳螂及枯草色螳螂，混雜繫於同數之綠葉枯葉而供鳥食之，則見繫於與自體之色相異之葉者盡爲鳥食，而繫於與自體之色相同之葉者殘留甚多。就此實驗觀之，若無更有力之根據，則對於此點之反對論，仍不能不歸於沉默。

生物所有之器官，若未發達至一定程度，則不能爲用，而其初起必極微小，此時之器官，如何能適於生存競爭之用？然則所謂因自然淘汰而發達，不能不失其根據，此亦爲近代所唱之重要的反對論。然達爾文說之極端信者，則又依作用轉換及關聯生長等而對抗之。作用轉換者，一種器官，當其未能致用於所期之目的以前，亦有他種作用，及其漸次發達，遂轉用於所期之目的之謂。例如蝙蝠之翼，由獸類的無膜之肢變化發達而來，當其發達尙未充分以前，雖不能爲飛翔之用，然可用以由一樹枝而飛移於他樹枝，若祇爲攀樹，則固無用膜之必要。故最初祇能攀樹之動物，漸欲由一樹枝飛移於他樹

枝時，必膜之稍廣者能得優勝，漸次淘汰，膜漸發達，遂能自由飛翔於空中，更行淘汰，益成適於飛翔之構造，終生完全之翼形。

由陸上的步行動物之河獺進化爲海中的游泳動物之鯨魚時，其理亦同，即攝取水中之魚時，必稍能游泳者能戰勝於生存競爭之場，經長年日月之自然淘汰，用以步行者，遂漸能供游泳之用。

關聯生長者，若一器官發達於一定方向，則他器官亦與之關聯發達於他種方向之謂，其理由雖尙不明瞭，其事實則已由經驗而知二三，生物之身體各部，原非獨立行其作用，故各種器官，皆不能單獨變化，一器官發達，則於生存競爭上不必要之他器官亦有時與之相關聯的發達，遂成有效之器官。

上述之外，又有如次之反對說：自然淘汰，雖能說明不適於生存者之衰滅，然不能說明適應於境遇之性質如何而生，自然淘汰說謂盲目的生成之種種變異中適者可以殘存，然此等變異之中，無論何時皆有適合於外界之境遇者，則頗難索解。內革利固常言之，依自然淘汰而說明生物所有性質之存在者，何異乎謂植樹之有葉，因植樹者未剪除之，至云樹葉何由而生，其疑問固依然存在，縱觀自然界之生物，其極適應於周圍之境遇而繼續其生活，不能不令人驚異，然如此精妙之適合，果祇爲自然淘汰之結果乎？是則不能無疑，此爲攻擊自然淘汰說之最重要的論點，亦即爲其致命傷，若依新拉馬

克說，則極易說明。雖然，得性遺傳，亦為現在議論沸騰之問題，而自然淘汰說者，固仍謂歲月若久，亦能生如此變化，以對抗之，故兩者孰是，今尚難定。總之無論何方，各有缺點，若欲補其一方之缺點，他方則生障礙，錯綜複雜，殊難解決。

理論上唱自然淘汰說之無能者，已如上述。最近又有由實驗上反對達爾文之淘汰說者，是為約罕森之純系說。氏謂純系之內，淘汰無其效用，淘汰者不過祇能選出適合於自然界的境遇或人為的目的之純系。

此說雖為近來之最著名的學說，然自然界中無純系，頗為其弱點。又最近為實證其說之當否，就單一雌體可以生子之動物而實驗之，似漸得即在純系內，淘汰亦未必全然無效之結果。

達爾文以後，反對之學說續出，理論上互相爭論，以至近代，已如上述，然自二十世紀開始以來，其趣又頗異於前。蓋自遺傳學勃興以來，如雜種試驗及細胞學等之實驗的研究，極為盛行，故世人之注意，皆集於一方，進化論頗有閑卻之觀，然其所受之影響，亦不為少。此種事實，即以示近代科學之如何精微，故頗為重要而饒於興趣。今舉其研究中之與進化論有關係者，則有上述之約罕森純系說，得甫里斯之突然變異說，及門得爾之遺傳單位不變說等。

達爾文之進化論，固以彷徨變異為自然淘汰之資料，而得甫里斯則以突然變異，為唯一之進化道程，即一切新種，皆

因突然變異而突然創造後天的性質及彷徨變異之不遺傳，近來雖頗得勢力，然突然變異，則可以遺傳，故苟適於境遇，可依自然淘汰而傳於子孫，其明認自然淘汰，與達爾文說相同，惟所異者祇限於突然變異之一點而已，突然變異之有效於新種創造，固為一般所確認，然僅此一端，能否完全說明進化之理，則頗為疑問，原來達爾文之學說，並非如後學者之極端，對於自然淘汰的資料之變異，固未區別為彷徨變異或突然變異，故學者之間，亦有以為不必特別單區別為突然變異者，況乎突然變異說，固亦有其缺點。

依門得爾說而行雜種試驗者，其觀察亦異於上說，此派學者，假想一種如豌豆的形色等之親傳於子的性質單位，以為豆之所以現青色者，因有現青色之單位，所以現黃色者，因有現黃色之單位，而行如化學分析之遺傳單位的分析，又以生物為遺傳單位之集合體，其單位恰如化學原子之一定不變，生物所以現變異者，由於遺傳單位之組合變化，其組合變化，起於雜種之交配；而進化的資料之變異，即由此雜種而起之變異也，此說與魏司曼說脈絡相通，故頗有興味。

然懷疑於遺傳單位之永久不變者亦頗有之，最近化學上之物質的原子，亦漸知其非一定不變，則此實驗繼續數代，雖似為不變之遺傳單位，果能於地球開闢以來之長期間內永久如是乎？且若認其為不變，則初成之最下等生物，果即有如豆類之青黃單位乎？其不合理，固極明瞭，是此學說，仍不能

不加以改正。

雜種試驗漸進，又知依一性質有一單位之假定可以說明者其例極少，大多數則欲其適合於門得爾定律，不能不假定一性質可有二個以上之單位，若至此時，勢不能不參以假設及想像。遺傳之研究固極重要，若能合理的說明遺傳之現象，則遺傳單位之明認固無不可，然於此所應注意者，事實與假設，其間不能無明確之區別，否則易生誤謬，以現在的狀態言之，則因雜種而起之變異，除能謂為與進化亦有關係外，他尚多在未知之數。

自拉馬克以來迄於今日之進化學說，已略如上述，其議論之錯雜多端，遠非他種科學之所可比擬，即在今日，猶正在爭論之中心，無論何說，固各有其根據之事實，今後如何歸結，尚無定論，仍不能不俟之將來之研究。

第七章 進化論與人生

進化論確定人在自然界的位置而明其本性，故與人生及其思想以革命的影響，凡略知生物學而略有進化論之知識者，固無不信人亦為獸類之一種，與猿類之血緣最近，於較近的過去，由共同的先祖分枝進化而來。

此種事實，可由前述證明進化時所舉之各方面以知之，而考查人體之發生，或解剖其身體而與獸類比較之，亦能得其證據。人與猿之血緣，又可依最近研究極盛之血清學完全

證明，而地下發掘之化石中，又有相當於人猿中間體之猿人⁽¹⁾（原人）的頭骨，此亦為確實證據。人之與猿固非僅為近親，下等人與高等猿之相差，尚不如高等猿與下等猿相差之甚。由此而知人亦由下等生物漸次進化而來，非宇宙開闢後，即創造為人以至於今日也。

進化之學說初出，人類即失墜其創造於神之絕對的崇高地位，其遭劇烈之反對，固何足奇，然今則懷疑之者，恐已無其人。進化之學說確立，人類之觀念，當然不能不有所改變，而與人最有關係之諸學科如倫理，教育，心理，社會，宗教，法律，哲學等，亦皆受其影響。故生物進化論，不僅為生物學上之革命的學說，即從來之各種學科，皆不能不根本的改換其面目。

進化論之威力，固如此其偉大，而其齋與吾人之果實，則決非甜蜜；哲學上之所謂真理，倫理學之所謂善惡，皆既漸趨於懷疑的方向，而教育，法律，制度等，亦皆須以進化論之所教者為基礎，宗教上所蒙之影響，尤較他學科為最大，舊來之信仰墜地，其權威漸趨薄弱，吾人之思想行為，皆不能不受其支配；此誠非豫想之所及。

自物種起源出世，自然淘汰之理以明，進化之觀念，非惟適用於生物學，即一般事象，亦漸多襲用；例如社會之風俗，習慣，制度等，固自太古徐徐變遷而來，此時亦可謂為適於時代者可以殘存，漸次改良進化，乃成今日。

(1) Primitive Man

第九篇 內分泌說

第一章 內分泌作用及生理學

最近醫學界，發生兩種最有興趣而最緊要之新學科：一爲免疫血清學；一卽此處介紹之內分泌說。就廣義的方面觀之，兩者同爲生物學上的問題，然因其與動物及人類的生理病理等之生活現象，有重要關係，故專成爲醫學界所研究之問題。內分泌學，屬於生理學之部門，免疫血清學，屬於病理學之部門。最初開是等學科之端者，固基於醫學上之研究，卽其後對於此方面之重要貢獻，亦皆醫學者之所爲。此外又有一可注意之點，卽兩者同爲化學上的問題，近來醫化學研究之所以盛行者，概多爲此等事實所誘致者也。

自內分泌之性質明瞭以來，動物及人類生理上之解說，已別開生面。試一詳細考查吾人生理的作用，殆無一不含自內分泌的問題，其中要點，均可以內分泌之說明而理解之。因內分泌之研究，生理學固已全改其面目。然不僅此也，卽病理學及疾病之治療上，亦因此而有極重大之貢獻。因醫學之進步，而知疾病之大半，皆起於如霍亂菌等之病源體的作用；然

此外因生理的原因而發生者，亦往往有之。由最近之研究，而知此等生理的疾病，乃因內分泌之異常而發生。內分泌既於生理上有重要意義，則其異常，當然為疾病之起源，故其治療，亦由此方面多有革新。近來喧稱之臟器療法，即其類也。內分泌之學科，乃起於最近，主由拜力斯⁽¹⁾及斯塔林⁽²⁾等英國學者啓其端緒，至其廣大境域，猶待將來之研究開闢。

內分泌作用，後當就其實例，分節詳述，茲先總其要點，概括言之。由最近之研究，而知動物體內之諸器官，除各營其固有之作用外，猶發生一種特別化學的物質，輸送於血液中。此物質混於血液，循環於身體各部，而達於遠方之他種器官，與其器官以重大影響，此作用謂之內分泌⁽³⁾，其所生成之物質，謂之內分泌物⁽⁴⁾。動物體內，殆無一器官不發生一種內分泌物，而其中更有專生此內分泌物之特別器官，此謂之內分泌腺⁽⁵⁾，後節當詳述之。

此內分泌物之化學的物質，為動物生理作用上所不可缺之物，且與生命有重大關係等情，雖已明瞭，然其化學的性質如何，則除可認為或較蛋白質及澱粉等更為簡單外，餘均尚在未知之數，然其中如副腎素⁽⁶⁾等之化學的性質，不僅既已明瞭，且可以人工合成之者，亦有之。此外如內分泌物之受熱不易崩壞，在消化液中不易變質，及溶於水而不溶於酒精諸

(1) Bayliss

(2) Starling

(3) Internal Secretion

(4) Hormone

(5) Ductless Gland

(6) Adrenalin

性質，亦已明瞭。至其對於各器官之作用，已知者雖亦不少，然多因時而異，大體言之，可謂為司動物體中各器官之相互的聯絡。內分泌物混於血液中，循環全身，故一器官所生者，可傳於相隔甚遠之器官，驟見之似無甚關係，實則均可由此互相聯絡。

動物體中諸器官之相互聯絡，對於生物身體的統一及調和之微妙作用，非常重要。生物等欲保持生命而營其生活，則對於身體全部，不能不常保其調和，即觀之實際，亦復如是；例如攝取食物時，一入口中，則由唾腺出唾液以助消化，至胃時則出胃液而消化之，及至於腸，更由肝臟出肝汁，脾臟出脾液以輔助之；又如激烈運動後，呼吸變急，或發汗多量，以恢復疲勞；由此數例，可知生物之身體，若一部起變化，立即傳於他部，以促進其活動，而圖適應於此變化之調節。主宰生物之調節統一的現象之器官，從前祇歸於神經系，即末梢神經感受外部刺激而傳於神經中樞，神經中樞應之而傳適當命令於必要部分，因之生物可保持微妙之調和而維持其生命。然自研究內分泌物而明瞭其作用以來，知與此動物之調節作用的生理現象有關係者，非僅神經系，此內分泌作用亦與有力焉，即動物體內各器官，可藉內分泌物互相聯絡。內分泌作用，雖有時可不藉神經系之援助而獨立活動，然其大半，則皆與神經系有密切關係而呈複雜之現象，如由神經之誘導而起

(1) Nerve-Centre

內分泌作用，或由內分泌作用之誘導而起神經系作用等；凡保持生物身體各部之聯絡協調者，實賴此神經系及內分泌之兩作用，如後所述，食物入胃時，消化液雖由神經系之作用而發生，然內分泌作用亦有關係焉。譬之神經系作用如電報，內分泌作用如郵政，蓋神經系作用簡捷迅速，而內分泌作用較為遲緩，然完全綿密，有持續性，決不可偏廢也。由此觀之，內分泌作用與消化、呼吸、血液循環及生殖等生活現象之關係，已可想見一斑，至其詳細，後當舉實例以說明之。

第二章 諸種內分泌腺及其作用

內分泌物由動物體內各器官分泌而出，此種分泌諸器官，雖多兼管他種作用，然亦有二三專營內分泌者存焉，如甲狀腺⁽¹⁾、副腎⁽²⁾、松果腺⁽³⁾、大腦下垂體⁽⁴⁾等皆其例也。此等器官雖皆具有發生液體之腺的構造，然無排出液體於外部之導管，故以前均認為無用而退化之器官。然由近來之研究，而知此無導管之腺亦為內分泌腺，且與動物生活上有密切關係。此等腺之萎縮或缺除，常惹起重大病狀，或竟至死亡。今當未述各種內分泌實例之前，先述此等內分泌腺之大略如下。

甲狀腺位於喉頸部頭下，一對並列，重不過一盎斯⁽⁵⁾。因無導管可排出器官內所生成之液體，故其作用不甚明瞭，由近

(1) Thyroid (2) Adrenal Bodies (3) Pineal Gland (4) Pituitary Gland, Hypophysis Cerebri (5) Ounce

年來之研究，始知其為動物之極重要器官。如將犬之甲狀腺割去，此犬於一週至四週之中即至死亡，此蓋由實驗而知者。又阿爾布斯山間地方，常有一種侏儒症，⁽¹⁾羅此病者謂之侏儒，⁽²⁾自幼即不發育，身如侏儒，四肢不具，顏面無表情，精神及身體上之能力至低，魯鈍如癡人。後檢查其身體，乃知為甲狀腺不完全，不能營固有之作用。又檢查多數低能兒，亦知為甲狀腺作用之不完全。若以羊之甲狀腺使此等低能兒及侏儒食之，則其效甚著，身體智力，均可恢復。近年來用此方法，多數罹此等病之兒童，均得蒙其營救焉。

由上之實驗及觀察，而知甲狀腺為發生對於身體發育上最重要不可缺一種之內分泌物，而送於身體各部之器官。出生以來，甲狀腺即不完全者，已如上述，即用手術割去者，亦生同樣之結果。又成長以後，若因某種障礙而影響於其作用，則雖不至身成侏儒，然精神上，肉體上，常呈一種同樣的症狀，因之智力低下，精神亦不活潑，心臟之鼓動緩慢，顏色亦甚晦鈍。此種病謂之黏液浮腫，⁽³⁾羅此病者，以女子為多。不加治療，久即有性命之憂。若以甲狀腺物質，注射於皮下，或逕使食之，則其病大可以減輕。藥之分量，每次僅60至130毫克，隔三四日與之即可。此種發見，可謂為此種疾病之一大福音。

甲狀腺過肥大而分泌過多時，亦生一種疾病，名曰眼球突出性甲狀腺腫症，⁽⁴⁾若以過量之甲狀腺物質與患者，亦生同

(1) Cretinism (2) Cretin (3) Myxœdema (4) Exophthalmic Goitre

樣之症狀。其症狀之最主要者，爲神經過敏，眼球突出，與前述侏儒適相反對。由此觀之，甲狀腺雖重不過一盎斯，然其所生之內分泌物與生物性命之關係則極爲重大。

與甲狀腺相密接者，又有一副甲狀腺⁽¹⁾，爲近年來(1880)之新發見。此器官雖比甲狀腺尤微小，而其內分泌作用則更顯著。所發生之內分泌物，常與神經系以劇烈作用。若取去此腺，則起一種痙攣症⁽²⁾，更有用此而致死者。作用迅速，爲其特色。

此外之重要內分泌腺爲副腎，附於腹內兩腎臟之上部，重約一盎斯，亦無導管，與甲狀腺同。若以手術摘出動物之副腎，則數日或數時間內即致死亡。昔時有一種原因不明之疾病，罹此疾者，皮膚上發褐色斑點，筋肉無力，遂至死亡。後由醫師阿迪生⁽³⁾發見，知爲副腎作用發生障礙之故，即名其病爲阿迪生病⁽⁴⁾。其後由謝斐爾⁽⁵⁾及奧力味⁽⁶⁾二學者之研究，而知副腎常發生一種化學的物質，注入於血液，刺激心臟，血管及毛細管而鼓舞其運動。此化學的物質，即一種內分泌物，普通稱爲副腎素；數年前日本高峯博士曾由副腎中取出其極純粹者，自此以來，更能由人工的方法合成之焉。以少量注射於血管，則毛細管壁立即收縮，心臟之血液排出力驟增強大；應用此理，故名此藥爲強心劑。又注於血管之一部，則管壁收縮；故外科手術上亦用爲止血劑。

(1) Parathyroid (2) Tetanus (3) Addison (4) Addison's Disease

(5) Schäfer (6) Oliver

此副腎素之化學的物質，爲量雖少，常存在於血液中（約其一億分之一），至其目的，則不甚確知。然當運動或襲於激劇之感情時，其量立即增加，身體上常起種種變化，即血液由腹部之臟器，集積於胸部之肺臟，心臟，中央神經系及筋肉等處，消化作用停止，心臟鼓動變激，血液增其凝固性，且增加其中之糖分，筋肉由疲勞狀態急速恢復其原狀。此等現象，雖似爲分別獨立，然細檢查之，則知皆互相關聯而爲生物身體中極微妙之調節作用（即肉體疲勞時，可由此作用使之調節）。蓋血液移於胸部臟器或神經系及筋肉者，所以集積勢力於活動筋肉之必要部分。糖分增加，所以與筋肉活動以必要之能也。⁽¹⁾心臟作用既強，血液循環必急，增加之養分，可速送於身體各部，而陳腐之物，亦可速由各部排出。呼吸既急，穢濁血液可速變清。血液凝固性之增加，亦可謂爲負傷之防禦。由此而知運動之際，可由副腎素之作用而速恢復其疲勞。觀之實際，亦莫不然。當肉體激劇動作時，副腎即分泌多量分泌物；此於保持身體之調和上，誠爲絕妙。動物以此分泌作用，所以調和身體，而副腎素之分泌，亦即由運動之刺激而益盛。如檢查長距離競走後選手之小便，知其含多量糖分，此即證運動時副腎素分泌極盛，血液中糖分增加，遂至出於小便，而呈一種一時的糖尿症。

又人或動物爲憤怒，苦痛，恐怖等激烈感情所襲時，亦與

(1) Energy

身體過勞呈同樣症狀，此際副腎素之多量分泌，可由實驗證明之。此蓋為動物之精神作用，影響於肉體之例證。此時之分泌物果有何等利益，可以解釋如次：即當遇上述各種精神的感動時，常易受外界之不利益的刺激，若欲與之對抗而免於其害，多須肌肉之活動。此際副腎素之多量分泌，所以為肉體的活動之準備，誠為生物之不可解的一種微妙的調和作用。

由上觀之，副腎素之作用，所以促心臟及血管壁等不隨意筋之收縮，刺激交感神經之末梢，以鼓舞其支配器官之運動。至若血液中糖分之增加方法，乃變肝臟⁽¹⁾中所貯不可溶性之糖原質為可溶性之葡萄糖，而送出於血液。然動物體中，又有胰臟⁽²⁾之器官，其所出分泌物，所以防糖原質之變為葡萄糖，或分解葡萄糖而減其量，以圖身體之調和。若副腎之作用過盛，或胰臟之作用過衰，則血液中副腎素之作用過強，葡萄糖之增加過多，遂至出於小便，普通名此為副腎素性糖尿症⁽³⁾。

綜上所述，而知副腎素為生活上之緊要物質，此物之異常，為阿迪生病及糖尿症之原因，運動之際，可以調節身體，且與精神作用，有密接關係。

此外之重要內分泌腺，有大腦下垂體。此腺較前二者更小，為密着於大腦底部之單一器官，若摘出之，則不出數日，必致死亡。當兒童發育時代，若此腺肥大，則體軀異常發達，此種疾病，謂之巨大發育症⁽⁴⁾。戲法場中常見之巨人，即罹此疾病者。

(1) Liver (2) Pancreas (3) Adrenaline Diabetes (4) Giantism

也。若至成長以後，其腺始肥大者，常起一種肢端肥大症¹⁾，如手足等形成肢體之部分異常發達。反之，若因疾病，不能十分營其機能，則身體發育為所阻止，骨骼不能發達，而尤以生殖器為最不完全。由此可知大腦下垂體所出之內分泌物，有促進身體發育及發達骨骼之能力。

若細檢查之，大腦下垂體由前後二葉而成，起前述作用者為前葉，後葉別發生一種內分泌物，與副腎所出者性質相似，作用於心臟血管系，使之收縮，但其力較弱；又有促進乳腺⁽²⁾、腎臟⁽³⁾等普通分泌腺機能之力；但此二腺，皆不直接連絡於神經系，不可不注意。

此外介於大腦小腦間者，有一指頭大之橢圓體，謂之松果腺。此與腦之成對者不同，祇由一個而成，其作用從來不甚明瞭，近年來始知其發生一種內分泌物，於動物發育上有重要關係。今若割去雛雞之松果腺，則其生殖腺之發達較普通者甚速，且性的第二次的特徵亦發露甚早。如為雄者，則雞冠之發達，蹠爪之發生皆較普通為早，晨時之報曉及雌雞之挑鬪，亦於幼小時即行之。此手術若行於成長後，則無如此症狀。

此現象於人類亦可見之，若幼年兒童，因特種疾病，致松果腺之機能衰弱或停止，則兒童之身心成熟甚早。即年齡雖幼，體軀甚大，口邊陰部，發生鬚毛，生殖腺及外陰部之發育更為完全，又聲音改變，乳房長大，顏面相貌，均類成人，精神方面，

(1) Acromegaly (2) Mammary Gland (3) Kidney

亦呈同樣現象，智能優秀，直類神童，由上所述，而知松果腺發生之內分泌物，作用於動物，所以阻止早熟，與大腦下垂體適相反對，究其實際，亦莫不然，兒童之松果腺七歲時最為發達，以後則漸次退化，蓋松果腺與大腦下垂體，有反對之機能，所以相互為用，以助成動物之發育及調和者也。

第三章 內分泌及生物之調和

以上所述，祇為專發生內分泌物之特殊器官，此外尚有於自己特別作用以外，兼營內分泌者，屬此類者，殆包羅體內器官之全部，其作用與種種生活現象有密切關係，對於身體上生理上之調和，有極微妙之機能，內分泌於呼吸及血液循環，有極重要之使命，已於說明副腎素時述之矣，此外對於消化作用，⁽¹⁾生殖作用，亦有極重大之關係，且與神經系相互為用，今試就其二三生理作用，述之如下。

先就動物之消化作用考查之，當食物時，口腔，胃，腸等各器官，均分泌一定之消化液，作用於食物，使變為適於吸收之漿汁，食物入口腔時，分泌唾液，以助澱粉之糖化，及至於胃，又分泌胃液以助消化，胃液之分泌作用，雖由味覺嗅覺及一種精神作用（如食美味時）刺激神經而起，然消化作用既起，則雖無神經作用，亦能繼續分泌，蓋消化物至胃末端之幽門部時，⁽²⁾刺激黏膜，生一種名為胃分泌素之內分泌物，混於血中，循環

(1) Digestions (2) Gastrine

至胃壁，則可促進胃液之分泌。

胃之近側，有分泌消化液之胰臟，與內分泌之問題，有極饒興趣之關係。胰臟開導管於與胃相接之十二指腸先端，一日約分泌液汁五百至八百立方糵，以分解由胃送來之既消化食物，使變為更適於吸收之形，為消化上極重要之器官。胰臟之消化液，常時亦微微分泌不止，及食物入胃，消化作用開始，其量漸增，由二時間至四時間，達於極點；消化作用完畢後，復減其量至原狀。由實驗而知，若以稀酸作用於十二指腸之黏膜，則胰液之分泌甚盛；胃中消化物常帶酸性，故至十二指腸時，可以刺激黏膜，使胰液盛行分泌。最初以此現象為胃中酸性物，刺激十二指腸之末梢神經，由其反射作用，使胰液分泌，且有實驗，可以證明；如人為的刺激其迷走神經，可促進胰臟之分泌。然就最近實驗，乃知不僅為神經系之作用，即割斷迷走神經⁽¹⁾，胰臟之分泌作用，仍然繼續。其理由可以拜力斯及斯塔林之實驗解釋之。取十二指腸黏膜少許，置於稀酸溶液，取其滲出液，注射於血管，然後割斷神經，胰液亦起分泌。由此可證胰臟分泌，非僅由神經之反射作用，酸作用於十二指腸黏膜之生成物，亦與有力焉。動物胃內之消化物，原帶酸性，至十二指腸，作用於黏膜，生成一種內分泌物，混於血液，循環至胰臟，使分泌胰液，更促進食物之消化，調理極其順適。此種內分泌物通稱為分泌素⁽²⁾。食物入胃時，胃液分泌，固由神經系及

(1) Vagus Nerve (2) Secretin

內分泌之兩作用而起，然至十二指腸後之胰液分泌，則藉內分泌作用者，較神經系尤為重大。

內分泌對於消化作用之重大，不僅促胃液胰液之分泌，即肝臟之膽汁，腸之腸液，亦無不藉內分泌之作用。蓋食物入口，依次經各器官出液汁以消化之，無不有內分泌物作用於其間，即此一端，已可知除神經系外，猶有內分泌可以司身體之調和作用。

胰臟除由分泌素之刺激，分泌胰液以助消化外，自體亦發生一種內分泌物，此為1889年美靈⁽¹⁾閱可夫斯奇兩氏所發見。此內分泌物先至肝臟，然後循行全身，加熱於血液及體細胞中之葡萄糖，調節體內之糖分。若割去胰臟，則血液中葡萄糖蓄積過多，遂起劇烈糖尿症或致死亡。糖尿病之重者，往往見胰臟有缺損，胰臟與十二指腸皆為兼營內分泌及自體作用之好例。

消化作用與內分泌之關係，已如上述，最近又有一與此關聯之重要研究，即食物中亦含一種類似內分泌物之物質。此物質異於普通滋養分，量雖極微而已足；然食物中若全無此物，則身體漸衰，遂至失其生機，頻於死亡。此物質名活力素⁽²⁾，為近年來盛行研究之問題，於保持生命上極為緊要，故其命名有生命⁽³⁾二字之意。活力素之學說，為日本鈴木博士所提唱，今則各國學者，研究頗盛。

(1) Mering (2) Vitamine (3) Vita

活力素多含於新鮮之天然物，人工製品則皆闕如。例如牛乳之成分爲蛋白質，脂肪，酪素及鹽類等，若以相同比例配合之，可得同樣之人工牛乳。今以兩種牛乳飼養鼠兔，天然者固能成長，人工者則不能長續其生命；蓋兩者成分雖同，天然者尙有一種特別物質之存在，即活力素是。

後經多數學者，試驗各種動物，漸知活力素之缺乏，與生命以極大危害。然活力素與酵素，內分泌物及細菌之毒素相同，極難分離，近雖由高橋克已分離活力素A⁽¹⁾命名爲比奧斯忒林（強活力素），然性質上不明之點尙多。活力素原分三種，一爲含於糠皮，酵母等可溶於水之水溶性活力素，一爲含於牛酪，肝油，卵黃等不溶於水而溶於脂肪之脂肪溶性活力素，一爲含於檸檬汁或新鮮水菜類性質極不明瞭之抗壞血病性活力素。普通名第一爲活力素B⁽²⁾，第二爲活力素A，第三爲活力素C⁽³⁾。

水溶性活力素爲鈴木氏十數年前由糠皮酵母中抽出，名爲新米素⁽⁴⁾。此爲其唱說「動物於普通養分外，須攝取特別要素」之基礎。由其實驗，知以精白米飼鳩，必致死亡，若與新米素共用之，則可長續其生命。近頃學者之間，亦有唱脚氣病爲因缺乏活力素B而成者，按之多數實驗，或近真確。活力素與他種營養分所異者，缺之不可，然極微量而已足。

(1) Vitamine A (2) Vitamine B (3) Vitamine C

(4) Oryzanin (Aberic Acid)

嚴定食物種類，最易惹起疾病，此蓋因難得充分活力素之所致。兒童之血斑病⁽¹⁾，即其一例，與以新鮮水菜或果實，則得快愈。由最近研究之進步，更發見活力素 *D. E. F.* 等多種，學問界頗呈盛觀。

動物運動時，副腎發生分泌物，促進肺臟心臟之呼吸循環作用，增加血液之糖分，以圖身體之調和，已如前述，然由最近之研究，知血液中二氧化碳氣增加時，亦有類似副腎素之作用。二氧化碳氣為運動時血液中之廢物，因欲迅速排出，恢復疲勞，故自體行如內分泌物之作用，以促進呼吸循環，此亦動物調和作用之一例。

司呼吸作用之筋肉，存於頸部，胸部及上腹部各處，連絡於延髓中央之神經中樞而受其支配，中央神經系之任何部分，皆能刺戟神經中樞。若通過神經中樞之血液混濁，即二氧化碳氣之含量極多，雖斷絕中樞與中央神經系之連絡，亦能促造肺臟之呼吸，即此時之二氧化碳氣，有一種內分泌物之作用。近來由堪農⁽²⁾等之研究，知因勞動或窒息，蓄積多量二氧化碳氣於血液時，常增進副腎素之分泌。由此觀之，動物體內之二氧化碳氣，不惟自體有內分泌物之作用，且可促進他種內分泌物之分泌，以助呼吸循環，調節身體。

雖然，呼吸作用，於內分泌作用之外，猶受神經反射之支配。由迷走神經而來之末梢神經，配於肺臟，若切斷之，則呼吸

(1) Scurvy (2) Cannon

遲緩。一回呼吸，刺戟神經，使起次回呼吸之反射的運動，乃係通常的狀態。以人的意志之力，亦略能左右呼吸作用，蓋呼吸作用所受之支配，種類極多。

第四章 內分泌及性之問題

與內分泌有密切關係者，上述之外，當數動物之生殖作用。凡動物皆具有製造生子所必要的物質之生殖器，雄有辜丸，雌有卵巢，辜丸造精蟲，卵巢產卵，以營生殖作用。然由近來之研究，知辜丸除營生殖作用而外，猶有內分泌作用，與動物身心以重大影響。

成長後之雌雄動物，皆具其性固有之身體特徵，其差別更影響及於精神。此等差別之起因，約有二說：一為先天的，不受生殖器之影響；一為非先天的，由生殖器內分泌物之作用而起。適應於前說之事實，因亦有之，然仍以後者之影響為最大，此可由德國斯坦納哈之實驗以證明之。取雄鼠多匹，摘去辜丸，移植雌鼠卵巢於腹部皮下，其未死於手術而成育者，身體及精神的要素，皆現雌鼠之特徵。雄者特有之生殖器，惟殘留而不完全，然乳房發達，儼成雌體，即近雌鼠，亦不發情，反為雄者所挑弄，蓋性之第二次特徵，已完全改變矣。若割取幼雄之辜丸，移植於自體之別處，其成長也，無異普通之雄鼠，雄之特徵及性慾亦皆具備。然細檢查其移植之辜丸，乃發見製造

(1) Testis (2) Ovary (3) Steinach (4) Secondary Sexual Characters

生殖物質之細胞，完全消失，間隙細胞代而發育。由此二例觀之，性之第二次的特徵，與其謂之先天的，無寧視為後天的，蓋非由神經之作用，乃由雌雄生殖器之間隙細胞所生一種化學的物質即內分泌物之刺戟而顯露者也。

非惟鼠也，畜產界食用動物，常去其勢而圖美味，其動物身體所起之變化，固人所共知。再舉一例，為奴斯包氏⁽¹⁾之實驗：取雄蛙數匹，於交尾期前，摘去辜丸，則交尾必要之雄的特徵，皆不顯露；如抱擁雌體所必要的前肢拇指之疣，既不生長，前肢肌肉，又不發達，貯藏精蟲之精囊，亦不擴大。然若再移植其他辜丸於去勢之蛙，或注射辜丸之揉破液汁於皮下，則雄之特徵，仍顯然表現，內分泌物作用之重大，於此可見。

古昔之人，亦行去勢術，觀其實例，可證內分泌物對於人類，與下等動物有同樣之結果。希臘，羅馬及中國侍於宮中或貴族婦人之男子，皆去勢以防亂，自古知之，觀其身體性質，已全化為女性；如顏貌豐柔，鬚髯不生，皮下蓄積脂肪，手足之骨變化遲緩，四肢伸長，身體纖細，聲帶不變，成人後仍有幼時之高音調，即其性質，亦溫順柔和，多似女子。上述雖為男子之例，女子亦莫不然。如除去婦人之卵巢，則月經停止，失其女性的性質。移植他婦人之卵巢於割除卵巢月經閉止已二年後之婦人，亦有月經再現，性慾恢復之實例。

性之第二次的特徵與內分泌物之密切關係，已如上述。

(1) Nussbaum

行生殖的原動力之性慾與內分泌物之關係，亦爲頗饒興趣之事實。由斯坦納哈氏之實驗，已知置換辜丸爲卵巢之幼鼠，成長後雖無性慾，若移植辜丸於自體別處，則性慾仍然發露。氏又就蛙實驗之，亦得同樣結果，可證內分泌物之偉力。五月中至池邊觀之，可見多數的蛙兩兩相背負，尾端拖有長物，形如石花菜，此蓋雌蛙產卵時，雄蛙緊切抱擁以援助者也。此抱擁反射之雄的性慾，雖亦可由神經中樞之興奮而喚起之，實則內分泌之作用，影響最大。斯坦納哈氏於交尾期中摘出雄蛙之辜丸，不數日則失其性慾，不復起抱擁反射。若以辜丸精注射於此蛙，則抱擁反射又復盛起，此蓋因辜丸中之內分泌物，刺戟神經中樞之關於性慾部分而起興奮之結果。又先天的缺乏性慾之雄者亦偶有之，若以性慾旺盛的其他雄者之辜丸精注射之，遂發生性慾。

家畜類亦有同樣之例，人亦然。除去辜丸或卵巢，則性慾全失，或甚衰減，其程度因年齡而異，幼時行之，影響最大。人至老衰，性慾銳減，此由生殖器衰微之自然的原因使然，內分泌物蓋亦已失其作用。由上述實例觀之，可知內分泌物對於性慾的精神作用，雖不能支配全部，然實有重大之意義，近時最盛稱之斯坦納哈氏返老還童法，⁽¹⁾不過爲上述原理之應用。人至老年，則身心共衰者，因生殖器衰退，其內分泌作用微弱故耳。若以元氣旺盛的其他動物之辜丸精注射之，不惟性慾，即

(1) Rejuvenation

其他之生活作用亦可恢復，身體精神，皆返老還童，且能延長壽命。若此主張果真，則古昔所求而未得之不老長壽靈藥，今已發見，然就其種種已研究明瞭之本質觀之，一時的性慾恢復，雖似可能，若云延長壽命，及身心作用之返老還童，則果有何等效力，殊不能無疑。

由上所述，知生殖器之內分泌作用，對於性之種種問題，有緊要之意義；雖然，非惟生殖器，即其他腺體之內分泌作用，亦有顯著之影響，頗堪注意。如前所述，若割去體內之松果腺，則個體早熟，生殖器之完成亦速，身體忽現性之第二次的特徵，性慾早已發露。反之，若割去大腦下垂體，則起反對之結果，生殖器不能完全發育，無生殖力，性慾亦極減退。

關於內分泌物之又一極有興味之例，為乳之問題。獸類之雌者（人亦復如是）妊娠後，乳腺發達，乳房漸次肥大。胎兒未生以前，不出乳汁，胎兒產出，則乳汁同時分泌。如上所述，因為胎兒出生後養育之必要準備；然乳腺發達，果如何而起，由最近之研究，發見一極有趣味之事實。乳腺發達，起於妊娠後，故與腹內胎兒不能無何等關係。胎兒與母體，無神經系之連絡，故若胎兒果與母體以何種影響，不能不依神經系以外之別種方法。最近由英國斯塔林及雷因克雷逢⁽¹⁾兩氏之研究，已發見可以證明此種推理之事實；即胎兒發生一種內分泌物，經胎盤入母體之血管，以達乳腺而促其發育。兩氏取兔之胎兒

(1) Lane Claypon

精，注射於從未經過妊娠之雌兔，其乳腺漸次發達，一如妊娠之兔。上述實驗之外，又有一極有趣味之實例，於雙子布刺則克⁽¹⁾姊妹見之，就荷威爾⁽²⁾氏之所言，此姊妹之身體，雖於中央部連為一體，然神經系各別不通，祇有共同之血管系，一方之女，妊娠出產，姊妹兩方之乳房，皆能出乳。由此觀之，亦可知胎兒常與母體內以一種內分泌物，以為出產後必要之準備，實為生物微妙的調和作用之一例。應用此理，射牛之胎兒精於乳中，以促乳汁之分泌一說，不久或將實現。乳腺雖如何發達，然胎兒在胎內時，決不出乳，必俟胎兒出生，乳方分泌，此亦為一種極巧妙之調和作用；蓋使乳腺發育之內分泌物，一面又有抑制乳汁分泌之力，胎兒出生，則此種作用停止，乳汁始能分泌。

第五章 內分泌及精神作用

內分泌物之學說，已略盡於上，茲更一言內分泌物與精神作用之關係，以作收束。內分泌物與人類、動物之生理作用，有極密接之關係，已如前述，其與人類精神作用之重要諸點，亦散見各節，研究心理者，豈可忽視之乎！高等動物及人類，皆具有高等精神作用，此等機能，皆受神經系（尤為極發達之大腦）之支配，固無容疑。然非惟此也，內分泌作用，亦有極顯著之影響；如甲狀腺全缺或有障礙，其內分泌作用不能完全時，氣

(1) Brazek Sister (2) Howell

力消失，精神機能即變遲鈍，甚者遂陷於愚癡。反之，甲狀腺之內分泌作用過甚時，易於興奮，激於感情，思考，言語，行動皆趨敏活，性慾極其增進。大腦下垂體之機能起障礙時，精神作用為所阻止；反之，松果腺之內分泌作用因病衰弱時，身心非常早熟，幼時即多煩悶，且性慾勃發，為期極早。又生殖腺雖為決定男性女性的性質差別之要素，然與性慾等之性的心理，亦有密切關係，如前所述。

由上觀之，可知類如氣質等之純粹精神的資質，亦不能不為物質的內分泌所左右。此與古昔希臘時代希波革拉⁽¹⁾第第所唱，人之氣質，由存於人體內四液，即血液，黑膽汁，黃膽汁，黏液之混和比例，而生多血質，黏液質，膽汁質，憂鬱質，四種氣質的差異之說，根底相通，頗饒興趣。多血質為快活的，感情的易於興奮而易於遷移；憂鬱質為沈鬱的，感情雖強，經過則遲，不易遷移；膽汁質者，不易起感情作用，然偶一激發，強而迅速；黏液質者，感情之起，微弱而遲緩。若四種液質之混合有過與不及，則釀成種種疾病，所謂液體病理說，即此之謂。

內分泌對於精神作用之影響，已如前述，然精神作用，亦有左右內分泌作用之力，觀之感恐怖時，常促副腎素之分泌，可知一斑。內分泌作用與精神作用之相互關係，如此密切，儼為結合精神及肉體之橋梁，對於哲學的方面，亦有極大之意義。

(1) Hippocrates

第十篇 免疫血清學⁽¹⁾

第一章 血液化學

最近內分泌說，在醫學界之生理學上，具重要之意義，而血清⁽²⁾及免疫⁽³⁾之研究，則於病理學方面有極緊急之使命。免疫原理之應用，於疾病之診斷，豫防及治療上，確有極顯著之功績。內分泌作用者，混其所產生之內分泌物於血液中，由血管系循行身體各部，以圖互相隔離諸器官之聯絡；而血清及免疫之研究則為直接關於血液之學問，故即謂之血液之化學，亦非過言。此最近醫學界之二重要問題，同為關於血液之研究，且皆為化學的問題，誠可謂物必有偶，頗饒興趣。

免疫之事實自古知之，然明瞭其學理而成為一種有組織的學問，則始於近代；自開其應用之道以來，所齋與人類醫療上之幸福，實無限量，時至冬季，一有流行性感⁽⁴⁾冒之疾病來襲，則醫生警察，常勸人以豫防注射，此蓋因確知注射對於感冒有能豫防之效果，幼時必須種痘，以防天然痘⁽⁵⁾之發現，乃法規所定，人所共知。昔時未發見其豫防法時，患天然痘者，所在

(1) Serology and Theory of Immunization (2) Serum (3) Immunization

(4) Influenza (5) Small Pox

皆是，觀乎麻面之多，即其實證，誠為一種極堪憎惡之疾病。他如從前所最視為重病之義膜性咽喉炎⁽¹⁾，現在亦可以血清療法⁽²⁾極易治癒。如上所述，近年來疾病豫防及治療上之顯著的進步，固無一非關於血清及免疫的研究所賜。又如傷寒（腸室扶斯）⁽³⁾或麻疹⁽⁴⁾等，一次病後，永不再患，亦可以同樣學理解釋之。由此觀之，對於免疫血清學，修相當之智識，決非徒勞而無益。以下當就血清，免疫及其事實，學說與應用各方面，略述概要。

身體之內，血液循環，稍一停息，生命立絕，血液之重要如此，其功用安在？轉運由消化器官得來之養分於身體各部，以事營養，傳送由呼吸作用吸入之養氣於全體，使起氧化作用，發生熱量，以作活動之原動力；身體內所生之廢物，則送於腎臟，排泄體外，因氧化作用而生之二氧化碳氣，則再送於肺，由呼吸作用，呼出口外；更運送各器官所生之內分泌物於遠隔器官，以圖聯絡。他如後節所述，外界之細菌，毒素等侵入時，血液中起種種變化，以防禦毒害。血液對於動物生活之使命，可謂重大矣，茲更略述其成分如次。

以普通肉眼觀之，血液雖為均一之朱赤色，然自顯微鏡觀之，則見有極規則之橢圓形赤色血球，充滿於淡黃色之透明漿液中，因血球甚多，故使血液現赤色。取動物血液，盛於器皿，暫時之後，血即凝固；更稍停置，則見凝固血液之上，浸出淡黃色之透明漿液，是為血清。再取新鮮血液，以玻璃棒攪拌之，

(1) Diphtheria (2) Serotherapy (3) Typhus (4) Measles

則見有物附着於棒上，取棒出之，血液不復凝固；即血液所以凝固者，因有附着於玻璃棒上之物存在故也，此物謂之纖維素⁽¹⁾。

由上觀之，可知血液由赤血球⁽²⁾、纖維素及血清之三者而成，然此外尚含有白血球⁽³⁾。白血球為無色不定形之物，數雖遠較赤血球為少，然有極重要之使命。關於血液各部分之化學的成分如何，茲不暇論，以下所述者，以關於血清者為止，白血球亦略及之。

第二章 血清之性質及免疫

血清有一種極有趣而有用之性質。動物之血液中，常易混入種種異物，例如惹起疾病之細菌，毒蛇之毒素，或他動物之血液等自然的或人為的混入；此時之動物體內，起一種微妙的調節作用，血液中之血清，或造成對抗的物質，或設法免於其害，例如注射細菌，則血清中造成可溶解此細菌之溶菌素⁽⁴⁾以殺之，或造成能集結細菌於一處之凝集素⁽⁵⁾以凝集之；加毒素於血液中，則造成可以中和此毒素之抗毒素⁽⁶⁾以解之；注射他動物之血清時，則生沉降素⁽⁷⁾以沉澱之。凡有此等性質之血清，謂之免疫血清⁽⁸⁾。取免疫血清盛於試驗管，加細菌或他種血清等試驗之，則見起凝集，沉澱等個別獨有之反應，此謂之

(1) Fibrin (2) Red Corpuscle (3) Leucocyte (4) Bacteriolysin

(5) Agglutinin (6) Anti-Toxin (7) Precipitin (8) Immune Serum

血清反應⁽¹⁾對於侵入物所新生之物質如溶菌素，凝集素，抗毒素及沉降素等總稱之為抗體⁽²⁾；作用於血清而生抗體之物質，如細菌，毒素，血清等，總稱之為免疫元⁽³⁾。約言之，加種種免疫元於血清時，即生與之相應之抗體，以得凝集，溶解，沉澱及中和毒素等種種防禦能力。免疫血清，呈種種血清反應，為免疫之一種；動物血清之有此性質，極關重要，由其作用，可以耐病菌之侵入，免毒素之攻擊，以保生命之安全。

血清之性質，既如上述，所謂免疫則如何？免疫之意義，一如其語意之所示，此種事實，從古已知，相傳古代有密斯立對提⁽⁴⁾其人者，常服用蕈毒微量，使漸習慣，以免毒殺之禍。他如中國印度於十一二世紀時，已知罹天然痘者，一次病後，永不再患。應用此理，接種天然痘患者之膿汁，以得免疫性而免於其害毒之方法，於十七世紀之初，由中國印度輸入歐洲。此種痘法⁽⁵⁾後由勤納⁽⁶⁾氏而大成，造福衆生，實非淺鮮。如上所述，免疫者，如毒素或細菌等之有害物質侵入動物體內時，與之對抗不受其毒害之謂。前述抗體之發生，於免疫上大有力焉。

免疫性⁽⁷⁾有先天的及後天的之區別。動物生來皆帶有多少之免疫性，以防病毒之侵入；然對於同一病菌，常因動物之種類而異其抵抗力。例如感染人之結核菌⁽⁸⁾於牛類時，不過僅成病竈，未幾即癒，又如鳩及天竺鼠對於侵犯家畜之脾脫疽

(1) Serum Reaction (2) Anti-Substances (3) Antigen (4) Mithridates
 (5) Vaccination, Inoculation (6) Edward Jenner (7) Immunity
 (8) Bacillus Tuberculosis

⁽¹⁾病,抵抗力極強,即感染之,亦不甚烈。

如上所述,皆為先天的免疫性;動物又能得種種後天的免疫性。例如母體所有之特異免疫體(抗體之一種),通過胎盤傳於胎兒,則胎兒生後,可與母親有同一免疫性,又如授乳之際,免疫體混於乳汁,亦可傳其免疫性於乳兒。出生以後,亦有因罹傳染病或人工的處置,而得免疫性者;例如傷寒癒後,則對於傷寒菌有免疫性,受霍亂⁽²⁾之預防接種後,對於霍亂菌得免疫性。

人工的免疫性,為後天的免疫性之一種,其生成方法,有能動性免疫⁽³⁾,及受動性免疫⁽⁴⁾之二種。能動性免疫,為直接注射細菌或毒素等之免疫元於動物體內,使生溶菌素,抗毒素等抗體之免疫方法。菌苗療法⁽⁵⁾即其應用,主用於疾病之豫防;例如種痘法是也;又對於結核治療之結核菌毒素注射⁽⁶⁾,雖非為豫防法,然為理論上創始菌苗療法之起源。要之能動性免疫法者,使動物罹一種輕病,得免疫性,以防後來疾病之侵入。

受動性免疫,為注射既含有由免疫元而生的抗體之免疫血清,以得免疫性之方法,例如注射細菌或毒素等於羊或兔等之他種動物使生免疫體(抗體),然後取其血清注射於人身,此法與前者相反,多用於疾病之治療,例如患義膜性咽喉炎及破傷風病(強直痙攣)⁽⁷⁾等時,注射各別之免疫血清,即得

(1) Anthrax (2) Cholera (3) Active Immunity (4) Passive Immunity
(5) Vaccine Treatment (6) Tuberculin Injection (7) Tetanus

治療，此謂之血清療法，即侵入體內之細菌或毒素，為免疫血清所殺或中和以免其害；施於疾病之初期，奏效極著。受動性免疫，注射後立即奏效，其免疫程度，與所注射血清之量為比例，暫時之後，即排出體外，而失其免疫性。能動性免疫與此相反，抗體發生，需相當日數，二三週後，達免疫之極度，再後則漸次衰減，可經數月或數年不至消失。觀上所述，則知能動性免疫用於豫防，受動性免疫用於治療之理由。

第三章 各種血清反應及其應用

免疫之事實，雖如上述，然免疫之起因，則諸說不一。其重要者有麥奇尼可夫⁽¹⁾之食菌細胞說，布胡涅爾⁽²⁾之防禦素說，厄爾力喜⁽³⁾之側鎖說，賴特⁽⁴⁾之調理素說。此等理論，當讓之後節。惟前節說明免疫或血清反應時所用之免疫元及抗體等名，則皆來於最有權威而最重要之厄爾力喜氏側鎖說。免疫元有細菌，血液，毒素等若干種類，因之所生抗體亦各別不同，下當順次說明之。

自顯微鏡發明以來，始由巴士特⁽⁵⁾等發見細菌，而知古來原因不明之疾病，皆由此等細菌之侵入而生；其後對於疾病自體及其診斷，豫防，治療上之學問，非常進步。動物體內疾病之發生，非因細菌之存在，乃細菌所出之毒素，使動物體發生

(1) Elia Metchnikoff (2) Phagocyte Theory (3) Buchner (4) Alexine Theory (5) Ehrlich (6) Side-Chain Theory (7) Wright (8) Opsonin Theory (9) Pasteur

異狀，遂至於死。細菌侵入動物體內時，血清常以特別作用對應之。即於血清中發生種種抗體，如溶解細菌之溶菌素，凝集細菌之凝集素，及沉澱細菌的培養液之沉降素等。取出血清加入細菌或其培養液，則見溶解，凝集及沉澱等之血清反應。

凝集反應，最初發見於葛魯貝爾及達刺謨。⁽²⁾取由霍亂或傷寒菌而免疫之動物血清，加入各別之細菌，則見其相集合而呈雲絮狀，終至沉澱。此為1896年之報告，稱為葛魯貝爾反應。同時尉德爾又發見傷寒患者之血清，亦有凝集傷寒菌之作用，且證明其作用起於病後數日，至恢復期而達於極度。此謂之尉德爾反應，現用於傷寒之早期診斷，視為重寶。如有疑似傷寒之患者時，取其血清加以傷寒菌，若呈凝集反應，則知其入確已罹疾。

凝集作用有特異性：因傷寒菌免疫之血清，祇凝集傷寒菌；因霍亂菌免疫之血清，祇凝集霍亂菌，故凝集反應，可用於傳染病之診斷及細菌之鑑別。

最初發見溶菌素者為普淮斐氏，⁽³⁾於1894年加霍亂菌免疫血清於霍亂菌，注射於兔之腹腔，十分至數十分後，則見霍亂菌之溶解，此謂之普淮斐氏現象。霍亂患者癒後之血清，亦有同樣作用。

沉澱作用為克牢斯，⁽⁴⁾1897年所發見。取由細菌而免疫之血清，加濾過之細菌培養液，則起沉澱作用，蓋因血清中所生

(1) Gruber and Durham (2) Widel (3) Pfeiffer (4) R. Kraus

之沉降素,作用於培養液而生沉澱,溶菌作用及沉澱作用,亦有特異性,與凝集作用相同。

動物之血液,亦可為免疫元,與細菌之作用相同。注入他動物之血液,則生種種抗體,與血清以免疫性,取其血清而試驗之,可見其起種種血清反應,例如注入血於兔體而取其血清,則見與普通兔之血清異其性質,再加入血於此血清,入血中之赤血球或為所溶解,或被凝集;加入之血清於此血清,則生沉澱。即注射人血於兔,則兔之血清中發生各種抗體,如血球溶解素,血球凝集素,沉降素之三者。

血液之免疫血清亦有特異性,與細菌之免疫血清相同,即人血免疫之血清,祇作用於人之血液,而與他動物之血液,不起反應,因此特異性,上述三者中之沉澱作用,應用於系統分類學及法醫學上,頗有重要之價值。

一般生物,皆有血緣之遠近,系統分類,即由此而定。例如人與猩猩,犬與狼,皆血緣相近,人與犬則血緣甚遠,此等事實,雖亦可由比較解剖學及發生學等而知之,然不如由血清反應之明確。人血免疫的兔之血清,祇作用於人之血清而沉澱,馬血免疫的兔之血清,祇作用於馬血而沉澱,加馬之血清於人血免疫的兔之血清,決不起反應。然此特異性亦有例外,而其界限非極端的嚴明,血緣近者,則反應雖極微,然亦常起沉澱作用。由烏楞呼特⁽¹⁾氏之研究,而知混猩猩之血液於人血免

(1) Uhlenhut

疫之血清，作用雖微，確有反應。其他學者又加種種動物之血液於人血免疫之血清，而見除猿類之外，決不起沉澱，即猿類之中，其下等者或沉澱極微，或竟無之，愈趨高等，沉澱愈多。由此可知人與高等猿類血緣甚近，雖無實驗，兩者之間似可以得混血兒。

又作其他種種動物之免疫血清而研究之，已實驗的證明馬與驢，犬與狼，豬與野豬等皆血緣極近。此種事實，一方又可為生物進化論之證據。就植物試驗之，亦得同樣結果。例如注射玉蜀黍之蛋白質而得之免疫血清，祇作用於玉蜀黍之蛋白質而生沉澱，對於米之蛋白質不起反應；由小麥之蛋白質而得之免疫血清，於小麥蛋白質之外，雖稍作用於緣近之大麥，裸麥，而與稍遠之燕麥則不起反應。反言之，即因有沉澱反應，故知大麥，裸麥與小麥為近親，燕麥無之，故其緣較遠。

免疫血清之反應，固因種屬不同而互異，然不寧惟是，即在一種屬內，又因個體之異而異其反應。就厄爾力喜之所言，注射甲山羊之血液於兔而得之血清，雖與甲山羊之血清起反應，而與他之乙山羊則無作用。此蓋為構成山羊血液之蛋白質，亦因個體之異而異其構造組成之證據；故現今有唱蛋白質之個人性者。

其他血清反應之重要應用，為其在法醫學上之效用。例如有殺人嫌疑犯於此，衣服上附有血痕，若犯人頑稱為殺雞之血，則不能不鑑別其血液之性質。應用血清反應之理，此間

題極易解決，即先作人血免疫的兔之血清，然後以水溶解附着於衣服之血痕而加入之，若有沉澱，可斷定其為人血無疑。

此種應用，不僅限於血液，又可用以鑑別肉類，牛乳及精液等，例如雖稱為牛肉而有假冒之嫌疑時，欲確定其真偽，可作牛肉之浸出液，濾過之加入豫先製備之沉澱性免疫血清中，若與由牛血所得之免疫血清起沉澱作用，則其為牛肉也無疑，否則必為馬或犬之他動物肉。

蛋白質之個人性，前已言及，然即非同為一人，若其血統相繫，則較之他人，常多類似，而其影響，又能表現於血清反應，近來頗有唱應用此理以識別父子之關係者。

以細菌或血液為免疫元而注射於動物體內時，血清中所生之抗體為溶解素，凝集素，沈降素之三種，若以毒素為免疫元，則生能中和毒素為無毒之抗毒素，毒素之種類甚多，植物性者如蓖麻子精⁽¹⁾，相思子精⁽²⁾，動物性者如蛇毒，蝮毒，又如其他細菌體所生之毒素，注射此等毒素於動物體內，先溶解或凝集血液中之血球而施其危害，然經過一定期間，則血清中漸生抗毒素，以中和毒素之作用。

此種免疫，亦有特異性：注射相思子精，祇生中和此物之抗毒素；注射蓖麻子精，亦祇生中和此物之抗毒素，此等毒素，雖亦為蛋白質之一種，然其化學的構成，極為複雜，完全不明，他如植物鹼類⁽³⁾及嗎啡⁽⁴⁾等已知其化學的構成之毒素亦有之，

(1) Ricin (2) Abrin (3) Alkaloid (4) Morphine

然此等皆不生抗毒素。注射嗎啡於動物體內，可以漸次增加其分量，然此非因抗嗎啡素之發生，乃因動物體漸次習慣之故，換言之，即氧化機能增進，故細胞對於嗎啡之抵抗力漸大也。

第四章 防禦酵素及抗酵素

構成動物體之物質，爲蛋白質⁽¹⁾，脂肪⁽²⁾及碳氫化合物⁽³⁾等，此等物質漸次消耗減少，則不得不取給於食物以補充之。人之食物如牛肉，水菓等，與構成人體之物質，異其性質，故不能直接吸收，須先由消化作用，分解爲極簡單之基礎的成分，然後吸收於血管，至各種組織，變成相同的物質。即食物的化學成分或構造，全異於攝取食物之動物體，以術語言之，則兩者爲體異性物，故不能不先分解爲失其特有性之成分。例如蛋白質變爲氨基酸⁽⁴⁾，脂肪變爲甘油⁽⁵⁾及脂酸，澱粉變爲單糖類，由消化器官之壁吸入血液成血液同性物，然後至各組織，始成爲體同性的物質。

體異性物質混入血中，於動物極爲不利，既不能直接吸收，又因種類而有中毒之虞，故體異性物，不能不先變爲體同性。體異性成分，普通可由消化作用，盡變爲血液同性的物質，然由腸壁吸收之消化產物，混於血液中，猶通過肝臟一次，以防過誤，肝臟行嚴密的檢查，即稍有血液異性的成分之存在，

(1) Protein (2) Fat (3) Hydrocarbons (4) Amino-acid (5) Glycerine

亦必使化爲血液同性者，始運送於身體各部。細胞新陳代謝的產物之廢物，亦先使之失其固有性，化爲血液同性，然後送於血管，排出體外。此時行同於肝臟之作用者爲淋巴腺⁽¹⁾，新陳代謝之產物，先入淋巴腺受其檢查，如有分解未盡者，更分解之，如有異常之物，則抑留之，使皆變爲血液同性消化產物及新陳代謝產物，常絡繹不絕運行於血液中；此等產物，皆由肝臟及淋巴腺之綿密的注意，使成爲血液同性，往來於血管，亦爲生物微妙的調和作用之一種。若無肝臟及淋巴腺以防之，則一有異性物質混入血液，常易障害細胞及器官之機能，而惹起疾病。雖然，僅賴乎此，猶不充分，又有下述之防禦酵素⁽²⁾以補其作用。

如上所述，生物體內雖有極微妙之調節器官，以防異性成分之混入血液，然一朝患起，仍有血液異性物侵入之事。例如胃癌⁽³⁾等之腫瘍起時，常送異常之代謝產物或分泌的液於血管；妊娠時，胎盤細胞吸收於母體內者亦有之。又內分泌作用起變態時，新陳代謝之調節爲所破壞，遂生異性成分，混於血中。他如體異性養分，直接侵入血管或爲細菌及毒素等侵入者亦非絕無。此時所賴以對應之者，厥惟防禦酵素之形成。

防禦酵素，爲酵素之一種，所以分解異性成分，變爲血液同性，有可及的防遏新陳代謝之力；此酵素蓋生於白血球之作用。

(1) Lymphatic Gland (2) Protection Ferment (3) Cancer of the Stomach

研究上述作用之最完全者爲阿布得哈爾登⁽¹⁾氏,最先應用此理於妊娠之診斷。妊娠後數日,已於母體內生可以分解侵入其內胎盤等成分之防禦醱酵素,故若取胎盤組織加以母體之血清,則起分解作用,此謂之阿布得哈爾登氏反應,亦即爲應用於妊娠診斷之原理。原來妊娠之診斷,本有觀察此時所現之種種徵候,或聽胎兒之心音等方法,然前者極爲曖昧,後者亦非至胎兒充分發育,不能聽取。若用此法,則可以及早確知,於人事上,畜產上,爲極有價值之應用,他如癌腫之早期診斷,亦可應用此理。

消化食物時,胃囊發生酵素多量,以分解牛豚魚肉等之蛋白質;然何以胃囊自體不爲所化?此蓋有一種特別作用,巧以調節,即所謂抗酵素⁽²⁾之作用是也。

由近來之研究,知生物之生活作用,有賴於酵素之援助者極多。消化食物時,消化器中有消化素⁽³⁾及唾液素⁽⁴⁾等酵素,以分解其中之蛋白質,他如脂肪及碳氫化合物等,亦有各其酵素以行分解作用。觀之呼吸,其氧化亦不外乎酵素之作用;他如生物體細胞之全部,殆無不藉酵素以遂其機能。

以酵素爲免疫元注射於血液,則發生抗體,而成免疫血清。厄爾力喜⁽⁵⁾及毛爾根羅德⁽⁶⁾兩氏,注射凝乳酵素於動物皮下,始發見動物之血清中生一種對抗凝乳酵素的作用之抗體。

(1) Abderhalden

(2) Anti-Ferment

(3) Pepsin

(4) Trypsin

(5) Morgenroth

(6) Lab

自此以來，研究種種酵素，已確知特別的抗酵素，各發生於特別的時期及處所，與毒素之生抗毒素，同其作用。觀上述各節，可知胃腸所以不自消化之理由，即胃細胞內含有抗消化素以消滅消化素之作用，腸細胞內含有抗唾液素以消滅唾液素之作用。又消化器內之寄生蟲，亦自必含有抗酵素，以消滅酵素之作用而持續其生命。

由此理論，近時頗有主唱抗酵素療法者。例如患癌腫時，必發生多量蛋白質分解酵素，而侵蝕周圍之組織，甚至惹起中毒症狀，且發大熱；若用醱酵之抗體以中和其作用，則病之治癒，大得其助焉。

第五章 關於免疫之理論

免疫及血清反應之意義及應用，已盡於前，今更略述其理論。免疫之事實及理論，自古有之；最滑稽者，如云毒素入於體內，立即變為抗毒素等。由近年來之研究，其說皆廢；現今所視為重要者有麥奇尼可夫之食菌細胞說，厄爾力喜之側鎖說及其以後發表之理論；其中有布胡涅爾之防禦素說，賴特之調理素說及得尼斯⁽¹⁾之攝菌素⁽²⁾說等。

由其理論而大別之，可分為三說：一為免疫由於白血球等之細胞的作用說，一為免疫由於血液中血清之化學的作用說，一為兩者之共同作用說。麥奇尼可夫氏為第一說之代

(1) Denys

(2) Bacteriotropin Theory

表者，厄爾力喜及布胡涅爾為第二說之代表者，賴特及得尼斯則屬於第三說。

今先述麥奇尼可夫之食菌細胞說。麥奇尼可夫為細菌學泰斗巴士特之高弟，由動物學上之見地，反覆研究，發見白血球及淋巴球⁽¹⁾集取細菌於自體而消化之事實，證明免疫由於此等白血球細胞之殺菌作用而起，遂主唱此說；此等細胞特名為食菌細胞。

動物之血液中，於赤血球外，尚有少數不定形之白血球，此為食菌細胞之主要者，有如下等動物變形蟲⁽²⁾之性狀，具集收細菌等侵入物於自體而消化之作用。茲舉麥奇尼可夫氏實驗之一例如次：取鵝之血液，除去纖維素，注射於蝸牛之皮下，見鵝血中之赤血球，立即廣布於蝸牛血漿之中，數時間後，則見鵝之赤血球，已為蝸牛之白血球所吞食，及至次日，血漿中鵝之赤血球雖尚可見，然大部分則皆為所食盡。此白血球所以集收此敵而消化之者，蓋由於殺菌酵素⁽³⁾之作用。麥奇尼可夫氏根據此等事實，以為食菌細胞之作用強者，有免疫性其作用弱或無此作用者，無免疫性。

食菌細胞，通常分為動性⁽⁴⁾及不動性⁽⁵⁾之二種；屬於後者，有結締組織細胞⁽⁶⁾及內皮細胞⁽⁷⁾，屬於前者，有白血球，淋巴球及由骨髓而出之細胞等，較後者尤為重要。動性食菌細胞，更細別

(1) Lymph-Corpuscle (2) Amœba (3) Cytase (4) Mobile or
Wandering Phagocyte (5) Fixed Phagocyte (6) Cells of Connective Tissue
(7) Endothelial Cells

之爲大食菌細胞⁽¹⁾及小食菌細胞⁽²⁾;前者爲由脾臟及淋巴腺而來之大單核細胞,專撲滅細胞及其破壞物;後者即所謂多核之白血球,專撲滅急性傳染病時之細菌,其作用極爲重要,普通之所謂食菌細胞,殆即有專指白血球之意。

對於麥奇尼可夫之食菌細胞說,反對者頗有人在,唱防禦素說之布胡涅爾即其中之一,以爲免疫基於血清之殺菌作用,白血球不過祇用以運搬其死體耳。雖然,如白血球之食菌細胞,確有撲食細菌或血球等外來物而消化之作用,或亦爲免疫之一原因。

布胡涅爾以前,雖已有人發見血清之殺菌作用,然布胡涅爾及那塔爾⁽³⁾始證明之,以免疫爲由於血清之殺菌作用,而各血清中有殺菌力之物質爲防禦素。防禦素有溶解殺滅細菌之作用,此可由加細菌於動物血液中,細菌即行死滅以知之。上述事實,除布胡涅爾之外,又由弗多爾⁽⁴⁾及那塔爾等之證明,可無致疑之餘地。

防禦素對於熱之抵抗力極弱,熱至五十六度至六十度,不過三十分鐘即完全破壞,如體溫之熱度時,其殺菌作用最強,防禦素之殺菌作用,雖爲事實,然試驗管之成績,與實際動物體之免疫,不必皆能一致。今盛兔之血清於試驗管,加以脾脫疽菌,雖能溶解,然若感染於兔,則起疾病,故布胡涅爾之防禦素說,不能謂爲完全。前之麥奇尼可夫說亦尚有未盡。於是

(1) Macrophages (2) Microphages (3) Nuttall (4) Fodor

結合食菌細胞說及防禦素的化學作用之液體說兩者之折衷說興焉，如賴特及得尼斯之說是也。

賴特之調理素說者，即折衷二說，謂免疫為細胞及化學物質之共同作用。就賴特之研究，以為免疫血清中，有一種化學的物質，使細菌起一定變化，以供白血球之撲食，此化學的物質，謂之調理素。即免疫血清中有調理素之存在，所以調理侵入之細菌，以供白血球之食用。

此種研究，始於萊希曼⁽¹⁾氏，氏於賴特研究室，研究鼠疫患者⁽²⁾恢復後之血清中，有無溶菌及凝集等作用，未能成功，乃取患者之白血球而檢其殺菌作用，得與麥奇尼可夫之說相同之結果。其後賴特及杜格拉斯⁽³⁾行次述之實驗，以研究調理素之性質。混葡萄狀球菌於新鮮之人血清中，使其於三十七度作用十五分鐘，再於六十度熱十五分鐘，然後加入白血球，見呈顯著之殺菌現象。次先於六十度熱血清十五分鐘，再加入白血球及細菌，則無殺菌作用之發現。蓋前者血清中之調理素，雖能調理細菌，以供白血球之撲食，後者則調理素已為六十度之高熱所破壞而失其作用；調理素易為高熱所破壞之性質，亦於此可見。

賴特氏因此規定一種調理素率⁽⁴⁾，於顯微鏡下檢視殺菌細胞所撲食之細菌數，謂之食菌細胞數⁽⁵⁾，健康者血清之食菌

(1) Leischman

(2) Pest

(3) Douglas

(4) Opsonic Index

(5) Phagocytic Count

細胞數及患者或受特異療法者食菌細胞數之比謂之調理素率，若以前者爲 P_1 ，後者爲 P_2 ，則其率爲 $\frac{P_2}{P_1}$ 。用調理素療法，注射細菌培養液時，調理素率初雖減少，繼則增加，前者謂之陰性期⁽¹⁾，後者謂之陽性期⁽²⁾。賴特氏雖謂可以計算調理素率，與治療上以種種便利，然其應用，實非易事，且有時與實際上不一致，故反對者頗多，尙未廣用於世。

得尼斯所唱之攝菌素說，雖亦爲一種折衷說，然攝菌素與調理素相反，爲一種耐熱物質，可以刺激白血球，增進其殺菌作用，謂攝菌素與調理素爲同一物質者亦有之，然由種種實驗，多認其非爲同物。

關於免疫之理論，雖不一而足，然觀之實際，皆不無缺點，尤不能說明毒素之天然免疫，次述之厄爾力喜氏之側鎖說，爲其中之最完全者。

毒素之天然免疫，固無干於食菌細胞，即他種可以中和普通毒素之物質，亦不見存於血液中。然注射毒素於天然免疫性之動物，其毒素祇循環於血液中，決不爲害於動物；例如龜及雞皆對於破傷風菌有免疫性，故雖注射其毒素而不中毒，可以說明對於毒素之天然免疫，且能應用於一般免疫者，惟有厄爾力喜之側鎖說。

此說雖亦謂免疫由於化學的作用，然異於布胡涅爾之所說。細菌、血液、毒素等種種免疫元入動物體內，則刺戟各器

(1) Negative Phase (2) Positive Phase

官之細胞，產生各種抗體於血清，即免疫非由血清之直接作用，乃由其內所生種種抗體之作用。天然免疫為其特殊之一例。

厄爾力喜之學說，為免疫學上極貴重之大發明，其促進斯學之進步，誠非淺鮮，窮其究極，頗複雜而難盡，茲略述其大要如次：氏先研究構成動物體各種細胞，如何攝取同化混於血內之營養分，混於血液循環而來之營養分，雖千差萬別，構成體組織及各種臟器之細胞，則不能不與之平等接觸。細胞之性質，各各不同，其所要之養分亦必有一定，非任何皆可。然則欲得所要之養分於血液，其細胞中不能不有一種與所要養分有特別結合力之物質，一與接觸，立即接合而同化之。此種物質，名為側鎖。氏以為細胞之原形質的分子，由中心之核及作營核與附隨之以營種種作用之數個側鎖而成。側鎖之名，雖易想為具形之物，實則祇為一種化學的物質之稱。

側鎖為說明細胞同化作用及中毒、抗體發生等原理最重要之物質。前者與養分結合，後者則結合細菌或毒素等。

毒素亦可與一定之細胞相結合，與營養素同，例如破傷風菌之毒素與神經中樞之細胞結合者是；適合於某種細胞側鎖之毒素到來，某種細胞即與之結合，一如結合養分之作用。然養分雖可同化於細胞，毒素則與細胞以一種刺戟，起生理上之變化，遂成病症。毒素之作用過度，細胞即停止其生活，或竟死滅，若多數細胞為所侵害，即致動物死亡。即動物之中

毒,因其有適合毒素之側鎖,若無此側鎖,則對於天然免疫,雖如何接觸毒素,亦不起作用。

中毒及天然免疫之原理,已據側鎖說略述如上;然則後天的免疫如何而成?亦可由此側鎖說明之。此時於側鎖之外,猶須藉外革爾特⁽¹⁾之過剩代償定律⁽²⁾,即生物體受傷害時,為補其缺損,常為必要以上之代償,而致過剩。毒素侵入結合於細胞之側鎖時,細胞為代償其障礙,更生側鎖,因有過剩,遂游離於血液,侵入體內之毒素,未與細胞側鎖結合之前,已與游離側鎖結合,故不至侵害細胞,此即人工免疫之基礎;游離側鎖,即同於所謂抗體。

免疫元刺戟細胞而生抗體,即血清反應之理,已如上述,免疫元若為毒素,則抗體成為抗毒素。白令氏⁽³⁾為一簡明之釋義如下:側鎖若存於生物體之細胞,則為中毒之前提,若存於血液中,則為治癒及免疫之原因。

注射細菌體於體內,亦結合於與此適合之細胞而游離其側鎖,與注射毒素而生抗毒素同理,其側鎖有溶解細菌之溶菌素及凝集細菌之凝集素等。沉澱反應亦基於上述之理論。用此側鎖,則中毒原理,天然及人工免疫之大要,血清反應之理論,皆能明瞭解釋。

厄爾力喜之學說雖如此優秀,然對於理論及事實之區別,仍不能不加以注意。即免疫為實際之事實,其解釋此事實之

(1) Weigert

(2) Law of Over-regeneration

(3) Behring

理論，不過爲各學者符合於事實的一種想像的假說，故不能不因人因時而有異同。如上所述，關於免疫之種種理論，皆各有其特色，不無一面之真理，然亦不能視爲絕對無二永久不變之學說。總之事實雖爲一種確定不移之現象，而理論則常因時代而有變遷也。

索引

一 畫

乙醇, Ethyl alcohol, 78

二 畫

- 丁鐸爾現象, 135
二大星流說, Theory of two star-streams, 16, 39
二甲醚, Methyl ether, 78
二氧化碳, 248
人口論, Essay on population, 220
人為淘汰, Artificial selection, 219
力能, Mechanical energy, 124

三 畫

- 大食菌細胞, Macrophages, 265
大腦下垂體, Pituitary gland, Hypophysis cerebri, 233
小狐座, Vulpecula, 23
小食菌細胞, Microphages, 265
小熊座, Ursa minor, 19

四 畫

- 不動性食菌細胞, Fixed phagocyte, 264
不規則星雲, Irregular nebula, 23
中心體, Central body, 193
中生代, Mesozoic era, 216
中核說, Nucleus theory, 87
元素, 74
內分泌, Internal secretion, 231
 與生殖作用, 244
 與呼吸作用, 243
 與消化作用, 239
 與精神作用, 248
 對於醫學上之影響, 231

- 內分泌物, Hormone, 231
內分泌說, Hormone theory, 234
內分泌腺, Ductless gland, 231
內皮細胞, Endothelial, 264
化生, 202
化石, Fossil, 206
化石學, Fossilology, 207
化合物, 74
化學的粒子, 76
化學的變化, Chemical change, 77
分子, Molecule, 74
分子溶液, Molecular solution, 137
分子溶液中分子之大小, 140
分子運動說, Kinetic theory of molecular, 141
分子說, Molecular hypothesis, 76,
分布學, 210, 215 [141
分光連星, Spectroscopic binary, 19
分光景, Spectrum, 12
分光景型, 35
分光學, 12
分析的研究法, 72
分泌素, Secretion, 240
分散系, Disperse system, 136
分散法, Dispersion method, 138
分散相, Disperse phase, 136
分散媒, Dispersion medium, 136
分裂生殖, 160
分類學, Taxonomy, 210, 213
分離定律, Law of segregation, 179
厄馬紐謨, Emanium, 59
反射望遠鏡, 11
天文學, 5
天文學之起源, 1
天然痘, Small pox, 250
天琴座 α 星, α -Lyra, 16, 19

天獅座流星羣, Leonids, 28
 天體力學, 6
 天體化學, 6
 天體物理學, 6
 太陽, 15
 太陽中心說, 7
 太陽之光熱, 33
 太陽系, 25
 太陽系之創造說, 30
 太陽系之構造, 25, 29
 太陽系外之天體, 15
 太陽素, 54
 夫牢因和斐線, Fraunhofer's lines, 13
 月見草, Evening primrose, 174
 比拉彗星, Biela's comet, 27
 比奧斯忒林(強活力素), 242
 比較解剖學, Comparative anatomy,
 比熱, Specific heat, 130 [207
 比熱現象, 130-131
 水星, 118
 水溶性活力素, 242
 水溶體, Hydrosol, 138
 水凝體, Hydrogel, 138
 牛頓力學, Newtonian dynamics, 42,
 價值, 120 [98
 牛頓定律, Newton's law, 31, 121
 犬狼星, Sirius, 18

五 畫

世界點, World point, 115
 仙女座之星雲, Nebula in androme-
 da, 22
 仙女座流星羣, Andromedids, 28
 功, Work, 122
 加速率之質量, 117
 半人馬座 α 星, α -Centauri, 16
 半減期, Half value period, 57
 卡路里, Calorie, 124
 古生代, Palaeozoic era, 216
 古生物學, Palaeontology, 210, 215
 四元空間, Space of four dimension,
 115
 外行星, Superior or exterior planet,
 外圍說, 86 [25

布拉文運動, Brownian movement,
 巨大發育症, Giantism, 237 [141
 巨星, Giant star, 36
 平均壽命, Mean life, 57
 甘油, Glycerin, 260
 生存競爭, Struggle for existence, 219
 生命, Vita, 241 [221
 生物之起源, 202
 生物進化之證據, 210
 生殖物質繼續說, Theory of conti-
 nuity of germplasm, 175
 生殖細胞, Germ cell, 175, 190
 生殖質, Germplasm, 175
 生態學, Ecology, 210
 用不用說, Theory of use and disuse,
 甲狀腺, Thyroid, 233, 248 [218
 白血球, Leucocyte, 252
 白熱天體, Incandescent bodies, 15
 立體化學, 78

六 畫

亥力奧, Helio, 54
 亥琉謨, Helium, 54
 先天影響說, Telegony, 154, 188
 光, 82, 101
 光年, Light year, 17
 光行差, Aberration, 102
 光素, Light corpuscle, 82
 光速度不變之原理, Principle of con-
 stancy of light velocity, 107
 光媒, Ether, 92, 101
 靜止說, 102
 擾動說, 102
 光子, Light quantum, 128
 光壓說, 27
 次微子, Submicron, 137
 同位元素, Isotope, 65
 同型接合子, Homozygote, 183
 回似先祖, Atavism or reversion, 188
 存否說, Presence and absence theory,
 地球中心說, 7 [186
 地球年齡, 68-70
 多普拉效果, Doppler effect, 102
 宇宙之有限無限說, 36

宇宙之創造, 29
 宇宙之構造, 36
 宇宙引力, 118
 宇宙進化論, 5-40
 收縮說, 33
 曲率, 120
 有性生殖, 162
 有無說, 186
 自然科學的哲學, Philosophy of natural science, 94
 自然淘汰說, Natural selection, 219, 221, 224, 225, 226
 血液同性物, 260
 血液異性物, 261
 血清, Serum, 250
 反應, Serum reaction, 253, 257
 性質, 253
 試驗, 251
 應用, 255, 258
 血清療法, Serotherapy, 251
 血斑病, Scurvy, 243
 行星狀星雲, Planetary nebula, 23

七 畫

作用, Action, 122
 作用量子, Action quantum, 128
 作用轉換, 224
 作營養, 268
 保護作用, Protection, 147
 免疫, Immunization, 250
 免疫元, Antigen, 253
 免疫血清, Immune serum, 252
 特性, 257
 免疫性, Immunity, 253
 免疫體, 254
 克卡路里, Gram calorie, 48
 克魯克斯管, Crookes tube, 43
 卵巢, Ovary, 244
 吸收分光景, Absorption spectrum, 12
 吸着, Adsorption, 148
 吸着平衡, 148
 坐標, Co-ordinates, 112
 坐標系, 112
 坐標面, 112

彷徨變異, Fluctuation, 165
 抗毒素, Anti-toxin, 252, 259
 抗消化素, 263
 抗唾液素, 263
 抗嗎啡素, 260
 抗酵素, Anti-ferment, 262
 抗酵素療法, 263
 抗壞血病活因素, 242
 抗體, Anti-substance, 253, 268
 抑留說, 28
 沉降素, Precipitin, 252
 沈澱作用, 147
 系圖之研究, 189
 肝臟, Liver, 237
 芽生法, 167
 赤血球, Red corpuscle, 252
 防禦素說, Alexine theory, 255
 防禦酵素, Protection ferment, 231
 身體細胞, 175
 身體質, Somaticplasm, 175

八 畫

進行感應, 158
 乳狀液, Emulsion, 136
 乳狀膠質之凝固作用, 146
 乳腺, Mammary gland, 238, 247
 事實, 3
 亞爾哥式變光星, Algol variables, 20
 亞爾哥星, Algol, 20
 侏儒, Cretin, 234
 侏儒症, Cretinism, 234
 兩性體, 147
 兩液說, 91
 刻卜勒定律, Kepler's law, 9, 30
 刻特雷氏規則, Quetelets law, 166
 受動性免疫, Passive Immunity, 254
 定比律之定律, Law of constant proportion, 75
 居, Curie, 59
 屈折望遠鏡, 12
 帕塞克, Passec, 17
 拍爾塞星, Nova perssei, 21
 性之決定, Sex determination, 192
 195

性之第二次特徵, Secondary sexual characters, 244
 放射平衡, Radio-active equilibrium, 放射能元素, 46 [58]
 放射性元素之原子量, 65
 放射能, 41
 放射能元素, 65-67
 放射氣, Emanation, 48
 放射說, 27
 放射變質鉛, Radio lead, 59
 松果腺, Pineal gland, 238
 毒素, 259
 波動說, Wave theory of light, 82
 波羅紐膜, Polonium, 47
 物理的粒子, 76
 物理學的世界, Physical world, 115
 物理學的變化, Physical change, 77
 物質, Matter, 73
 物質主義, 3
 物質常住的定律, Law of conservation of matter, 98
 物質第四態, 43
 物體之質量, 117
 直接分裂, Direct division or amitosis, 192
 育種學, 198
 盲腸, 210
 肢端肥大症, Acromegaly, 238
 返老還童說, Rejuvenation, 246
 門得爾氏定律, Mendel's law, 155
 長之單位, 112 [20]
 長週期變光星, Long-period variables, 阿布得哈爾登反應, Abderhalden's reaction, 262
 阿迪生病, Addison disease, 235
 非物質的物體, Non-material body, 95
 非歐幾里德幾何, Non-Euclidean geometry, 116

九 畫

信率, Probability, 31
 信率律, Law of probability, 168
 度外顯微鏡, Ultra-microscope, 137
 度隆佩管定律, 130
 恆星, Fixed star, 15

恆星之等級, 19
 恆星之數, 18
 恆星狀星雲, Stella nebula, 23
 恆星變遷之階梯, 35
 星辰之分布, 38
 星座, Constellation, 19
 星雲, Nebula, 15
 星雲之數, 22
 星雲素, Nebulium, 22
 星雲說, Nebula hypothesis, 10, 32,
 星雲線, Nebula line, 22 [203]
 星團, Star-cluster, 14, 21
 染色質, Chromatin, 193
 染色體, Chromosome, 193
 柏克勒爾線, 46
 相同器官, 211
 相似器官, 211
 相思子精, Abrin, 259 [107]
 相對性原理, Principle of relativity,
 相對性理論, Theory of relativity,
 100-120
 價值, 121
 證實, 118, 119
 活力素, Vitamine, 241
 A, Vitamine A, 242
 B, Vitamine B, 242
 C, Vitamine C, 242
 突然變異, Mutation, 165, 173, 227
 神經中樞, Nerve-centre, 232
 科學, 1, 4
 胃分泌素, Gastrine, 239
 胃癌, Cancer of the stomach, 261
 孢子, 162
 胎兒精, 248
 英仙座流星羣, Perseid, 28
 重力的質量, Gravitation mass, 116
 食菌細胞, 264
 食菌細胞說, Phagocyte theory, 255
 食菌細胞數, Phagocytic count, 266

十 畫

倍比定律, Law of multiple proportion, 75
 原人, Primitive man, 229

原子, Atom, 73
 原子之構造, 88
 原子序數, Atomic number, 84
 原子型, 86
 原子崩壞說, Disintegrative theory of atom, 56
 原始代, Archæan era, 216
 原理, Principle, 107
 哲學, 1
 密拉氏線, Müller's gland, 167
 密拉星, Mira, 20
 時刻之觀念, 114
 時間之變化, 113
 振動器, Oscillation, 126
 核, Nucleus, 192
 氣球星雲, Planetary nebula, 23
 氣體反應之定律, Law of gas reaction
 氦, Helium, 51, 54 [26]
 消化作用, Digestion, 239
 消化素, Pepsin, 262
 流行性感冒, Influenza, 250
 流星, 6, 28
 流星雨, Meteoric shower, 28
 流星羣說, Hypothesis of meteoric swarm, 30, 34
 海王星, 9
 特殊相對性理論, 105
 破傷風病, 254
 臭氧氣, Ozone, 53
 紡錘體, Spindle, 193
 純系, Pure line, 163
 純系說, 226
 能, Energy, 73, 122
 能一元論, Energy-monism, 99
 能常住之定律, Law of conservation of energy, 99, 124
 能動性免疫, Active immunity, 254
 能實體, 99
 能媒, Ether, 43, 82
 能媒波動, 43
 能等分律, Law of equiportion of energy, 130
 能量子, Energy quantum, 127
 脂肪, Fat, 260
 脂肪溶性活力素, 242

記述天文學, 6
 迴折, Diffraction, 45
 迴折格子, Diffraction grating, 79
 迷多宮特黎, Mitochondria, 195
 配偶子, Gamete, 181
 馬(單位), 59
 馬吉蘭大星雲, Magellanic clouds, 39
 高斯信率曲線, Gauss probability curve, 168
 高微子, Amicron, 137

十一畫

側鎖, 268
 側鎖說, Side chain theory, 255, 267
 假說, Hypothesis, 3, 107
 副甲狀腺, Parathyroid, 235
 副腎, Adrenal bodies, 235
 副腎素, Adrenalin, 231, 235 [237]
 副腎素性糖尿症, Aderanalin diabetes,
 動性食菌細胞, Mobile or wandering phagocyte, 264
 動耳筋, 210
 動尾筋, 210
 動物膠, Gelatine, 138
 動能, Kinetic energy, 123
 唯物論, 2
 實地天文學, 6
 實體, Substance, 98
 尉德爾反應, Widel reaction, 256
 強心劑, 235
 強直痙攣, Tetanus, 254
 彗星, Comet, 6, 25
 尾, Tail, 26
 起源, 28
 核, Nucleus, 26
 構成, 26
 與流星之關係, 29
 髮, Coma, 26
 得甫里斯突然變異說, 174
 得性遺傳, Inheritance of acquired characters, 174
 接合子, Zygote, 181
 接觸傳導, 125
 望遠鏡, 10

植物鹼類, Alkaloid, 259
 殺菌酵素, Cytase, 264
 氫氦系說, Hydrogen helium system, 液體病理說, 249 [189]
 淋巴球, Lymph-corpusele, 264
 淋巴腺, Lymphatic gland, 261
 牽引係數, Dragging coefficient, 108
 牽牛星, 18
 理論, Theory, 107
 理論天文學, 6
 球面天文學, 6
 球體星團, Globular cluster, 21
 眼球突出性甲狀腺乳腫症, Exthophthalmic goitre, 234
 氨基酸, Amino-acid, 260
 粒子說, 82
 粗懸液, Coarse suspension, 137
 細胞, Cell, 192
 細胞質, Cytoplasm, 192
 細胞學, Cytology, 191
 細菌, Bacteria, 202
 處女生殖, Parthenogenesis, 163
 蛋白質, Protein, 260
 蛋白質之簡人性, 258
 蛋白質分解酵素, 263
 現視連星, Visual star, 19
 連星, Binary star, 19
 連續分光景, Continuous spectrum, 12
 釷, Thorium, 47
 釷系之蛻變, 64
 陰光, Cathode glow, 43
 陰性期, Negative phase, 267
 陰性膠質, Negative colloid, 143
 陰極線, Cathode ray, 43
 勒納爾線, Lenard's ray, 45

十二畫

單核細胞, 265
 單液說, 91
 單爲生殖, 163
 單質, 74 附
 幾何學之起源, 1
 替學星, Tycho's star, 21
 最受效果, Zeemann effect, 82
 普淮斐氏現象, 256

量子論, 122
 氮, 63
 麗, Milli-curie, 59
 減數分裂, Reduction division, 194
 渦狀星雲, Spiral nebula, 23, 24
 渦狀微小體說, Planetesimal or spiral theory, 30, 34
 渦狀說, 39
 游走子, 162
 無性生殖, 160
 異位元素, Heterotope, 65
 異性接合子, Heterozygote, 183
 異性體, Isomer, 78
 痲瘋症, Tetanus, 235
 發生學, Embryology, 202, 210, 212
 發射說, Emission theory of light, 82
 等電點, Isoelectric point, 144
 脾脫疽病, Anthrax, 254
 腎臟, Kidney, 238
 結核菌, Bacillus tuberculosis, 253
 結核菌毒素注射, Tuberclin injection, 結晶體, Crystal, 78 [254]
 結締組織細胞, Cells of connection tissue, 264
 菌苗療法, Vaccine treatment, 254
 補足物說, 187
 解剖學, Anatomy, 210
 透析法, Dialysis method, 135
 透視連星, Optical double stars, 19
 進化論, Theory of evolution, 2, 200
 進化論之歷史, 210
 進化論與人生, 228
 週期律, Periodic law, 177
 間接分裂, Indirect division, or mitosis, 193
 陽光, Positive glow, 43
 陽性期, Positive phase, 267
 陽性膠質, Positive colloid, 143
 陽極線, Positive ray, 45
 黑體, Black body, 186
 黃色型星, 16

十三畫

勢能, Potential energy, 123
 勢常住之定律, 33

嗎啡, Mophine, 259
 塔特爾彗星, Tuttle's comet, 29
 微子, Micron, 137
 微粒子, Corpuscle, 43
 微粒子病, Pebrine, 158
 新生代, Caniozoic era, 216
 新米素, Oryzanin (aberic acid), 242
 新拉馬克派, 223
 新星, Nova, 21
 新達爾文派, 222
 愛因斯坦之宇宙觀, 119
 愛爾, Erg, 123
 愛爾秒, 128
 溶菌素, Bacteriolysin, 252
 溶體, Sol, 187
 麻疹, Measles, 251
 矮星, Dwarf star, 36
 腸室扶斯, Typhus, 251
 葛魯貝爾反應, 256
 蛻變常數, Constant of decay, or transformation constant, 57
 該斯勒管, Geissler tube, 43
 過剩代償定律, Law of over-regeneration, 269
 運河線, Canal ray, 45
 運動之相對性, 105
 運動原理, 106
 運動量, Momentum, 96
 達因, Dyne, 123
 達爾文說, Darwinism, 209
 鉀之放射能, 65
 鈾, Uranium, 46
 鈾之崩壞, 55
 鈾系蛻變之順序, 60
 間隙細胞, 245
 隔代遺傳, 188
 雷離誤, Radium, 47
 電子, Electron, 4, 42, 43, 44, 81, 204
 排列, 85
 質量, 94
 電子說, 92
 電子數之測驗, 87
 電的力學, 98
 電的物質觀, Electrical view of matter, 72

電的移動, Cataphoresis, 143
 電原子, 92
 電能煤說, Ether hypothesis of electricity, 91
 電液體說, Electrical fluid hypothesis, 90
 電磁波論, Electromagnetic theory of light, 83
 電磁的能, Electromagnetic energy, 96
 電磁的質量, Electromagnetic mass, 電離作用, 46 [96]
 鼠疫, Pest, 266

十四畫

唾液素, Trypsin, 262
 境地的改善學科, Euthenics, 199
 境地變異, Modification, 165, 172
 對流, 125
 慣性的質量, Inertia mass, 96
 睪丸, Testis, 196, 244
 碳氫化合物, Hydrocarbons, 260
 種痘法, Vaccination, inoculation, 253
 精蟲, Spermatozoa, 194
 綜合的研究法, 72
 維恩之變位律, Wien's displacement law, 129
 蒲郎克常數, Plancks constant, 127
 蓖麻子精, Ricin, 259
 赫德尉喜, 196
 銀河, 38
 銀河系, 39
 形象, 39
 銀河面, 38
 鈷之放射能, 65
 雌雄同體, Hemphrodite, 162
 雌雄淘汰, Sexual selection, 221
 雌雄異體, Gonochorite, 163

十五畫

摩香羊, Mauchamps, 173
 潮汐磨擦說, 30
 潛能, Potential energy, 123

熱力學函數增加之原理, Principle of increase of entropy, 124
 熱力學函數增加的定律, 99
 熱之功當量, Work-equivalent of heat, 熱容量, Heat capacity, 130 [124]
 熱能, Heat energy, 124
 磁性, 94
 膜性咽喉炎, Diphtheria, 251
 膠質, Colloid, 134
 膠質之安定度, 144
 膠質化學, Colloid chemistry, 134
 應用, 150-152
 膠質用作觸媒, 147
 膠質存在之實驗, 139
 膠質粒子之大小, 139
 膠質溶液之色, 140
 調理素說, Opsonin theory, 255
 調理效率, Opsonic index, 266
 質量之結論, 114
 質量不變之定律, Law of indestructibility of mass, 98
 輝線分光景, Line-spectrum, 12
 醇溶體, Alcosol, 138

十六畫

凝固, Coagulation, 137, 145
 凝浮酵素, Lab, 262
 凝集法, Condensation, 138
 凝集素, Agglutinin, 252
 凝體, Gel, 137
 樹膠, Gum, 139
 橫質量, Transversal mass, 97
 橢圓體狀分布說, Ellipsoidal, 39
 機械的物質觀, Mechanical view of matter, 72
 膨脹現象, Swelling, 149
 胰臟, Pancreas, 237
 螢光, 43
 親和力, Chemical affinity, 75
 輻射, 125
 輻射點, Radiation, 23
 輻射波, 126
 遺傳之定義, 159
 性質, 193

遺傳之解釋, 156
 遺傳單位, 227
 獨立定律, Law of independence of unit characters, 179
 遺傳與境遇, 199
 遺傳學, Heredity, 153-193
 定義, 153
 紛糾, 155-156
 與進化論, 154
 與優生學, 155
 驟進, 151
 錒, Actinium, 59
 錒系之蛻變, 63
 霍亂, Cholera, 254

十七畫

優生學, Eugenics, 198
 優劣定律, Law of dominance and recessive, 179
 擬似遺傳, 158
 濕生, 202
 環狀說, 39
 縱質量, Longitudinal mass, 97
 闇黑天體, Dark bodies, 14
 黏液浮腫, Myxoedema, 234

十八畫

獵犬座, Canes, 24
 獵戶座, Orion, 21
 星雲, Nebula in orion, 22
 織女星, 18
 雜種試驗, 128
 鞣酸, Tannic acid, 139

十九畫

瀝青鉍礦, Pitchblende, 47
 羅倫徹非次澤刺德收縮, 104
 羅倫徹變換式, 111
 離子, Ion, 43, 81
 離子化, Ionize, 81
 關聯生長, 225
 離體順列, Lyotrope line, 147

二十畫

- 懸浮液, Suspension, 136
 懸浮膠質之製成, 138
 懸浮膠質與乳狀膠質之異點, 146
 騰拍爾彗星, Temple's comet, 27

二十一畫

- 攝菌素說, Bacterotropin, 263, 267
 鐳, Radium, 41
 鐳之崩壞, 57
 鐳系之蛻變, 61
 鐳放射, 33
 鐳放射氣, Radium emanation, 53, 56, 62
 鐳於醫療上之功效, 70-71
 鐳, Ionium, 59

二十三畫

- 樂琴線, 45
 醫術上之應用, 70
 纖維素, Cellulose, Fibrin, 139, 252
 變光星, Variable star, 20
 變形蟲, Ameba, 264
 變異, Variation, 164
 驗電花器, Spinthariscopes, 51
 體同性, 260
 體異性物, 260
 X染色體, X chromosome, accessory chromosome, 197
 X線, X-Ray, 45, 70, 79
 α 粒子質量之測定, 51
 α 線, α -Ray, 48, 49, 50, 51
 β 線, β -Ray, 48
 γ 線, γ -Ray, 48-49
 δ 線, 54

人 名 索 引

ABDERHALDEN, 阿布得哈爾登, 262
 ABRAHAM, 亞伯拉罕, 97
 ADDISON, 阿迪生, 235
 AITKEN, 愛特肯, 19
 ANTONOFF, 安托諾夫, 61
 ARISTARCHUS, 亞利斯他克, 8
 A. R. WALLACE, 窩雷斯, 171
 AUGUST WIESMANN, 魏司曼, 171
 AVOGADRO, 亞佛加特羅, 73, 76

BARKLA, 巴克拉, 87
 BEHRING, 白令, 269
 BAYLISS, 拜力斯, 231
 BIFFEN, 比芬, 185
 BOHR, 波爾, 87, 131
 BOLTWOOD, 波爾特武特, 59
 BRADLEY, 卜拉德賽, 11
 BRAGG, 布拉格, 79
 BROCK, 布洛克, 84
 BROWN, 布拉克文, 89, 141
 BUNSEN, 本生, 10
 BRUSSELLS, 伯拉舍爾, 59
 BUCHNER, 布胡涅爾, 255

CAMBELL, 坎柏爾, 65
 CANNON, 堪農, 243
 CARL VON NAGELL, 內革利, 223
 CASSINI, 喀西利, 11
 CHAMBERLIN, 辰柏林, 30
 CHARLES DARWIN, 達爾文, 9, 190, 201
 CHARLES MESSIER, 麥西, 22
 COLLIE, 科利, 67
 COPE, 柯普, 223
 COPERNICUS, 哥白尼, 8
 CROOKES, 克魯克斯, 43, 55

CURTIS, 刺替斯, 24
 CUVIER, 谷維厄, 207

DALTON, 道爾頓, 73, 75
 DAVENPORT, 達丸波爾特, 167
 DEBIERNE, 得比楞, 59, 62
 DEMOCRITOS, 德謨克利圖式, 73
 DESCARTES, 笛卡兒, 265
 DENYS, 得尼斯, 263
 D. I. MENDELEJEFF, 門得雷葉夫, 77
 DOUGLASH, 杜格拉斯, 266
 DULONG AND PETIT, 度隆佩替, 130

EARNEST RUTHERFORD, 刺得福德, 48,
 58, 64
 EASTON, 伊斯吞, 39
 E. B. WILSON, 威爾遜, 197
 EDA JUKE, 厄達朱克, 191
 EDWARD JENNER, 勤納, 263
 EHLICH, 愛爾力喜, 158
 EINSTEIN, 愛因斯坦, 100
 ELIA METCHNIKOFF, 麥奇尼可夫, 255
 ERASMUS DARWIN, 伊拉斯莫斯達爾文,
 ERNST HACKEL, 赫克爾, 205 [205
 ETIENNE GEOFFROI SAINT-HILAIRE,
 聖提雷耳, 207

FARADY, 法拉第, 91
 FITZGERALD, 非次澤刺得, 104
 FIZEAU, 飛左, 110
 FODOR, 弗多爾, 265
 FRANKLIN, 佛蘭克林, 42, 91
 FRAUNHOFER, 夫牢因和斐, 10
 FRESNEL, 夫累涅爾, 82
 FREUNDLICH, 夫果因德力喜, 148

- GALILEI GALILEO, 伽利略, 9
 GALTON, 哥爾通, 169
 GAY LUSSAC, 給呂薩克, 76
 G. BREDIZ, 布勒狄茲, 133
 G. O. SCHMIDT, 斯密特, 46
 GIBBS, 季布茲, 148
 GIESEL, 基則爾, 59
 GÖTTE, 哥德, 205
 GOLDSTEIN, 哥爾德斯坦, 45
 GRAHAM, 格累安, 134
 GRAY, 格雷, 62
 GRUBER AND DURHAM, 葛魯貝爾及達
 刺謨, 256
 HARKINS, 哈琴斯, 89
 HEGEL, 黑智兒, 205
 HENSI BECQUEREL, 柏克勒爾, 46
 HENRIOT, 翁里奧, 65
 HERBERT SPENCER, 斯賓塞, 223
 HERMANN MINKOWSKI, 閔可夫斯奇,
 115, 241
 HERMANN VON HELMHOLTZ, 赫爾姆
 霍斯, 99
 HERTWIG, 赫特慰喜, 176
 HERTZ, 赫芝, 83
 HIPPARCHUS, 喜帕卡斯, 8
 HIPPOCRATES, 希波革勒第, 196, 249
 HOFFMANN, 荷夫曼, 59
 HÖNIGSCHMIDT, 赫尼喜士密特, 48
 HOOKER, 呼克爾, 209
 HOWELL, 荷威爾, 248
 HUGENS, 海巨史, 11
 HUGO DE VRIES, 得甫里斯, 173
 HUXLEY, 赫胥黎, 209
 J. C. SCHEINER, 申涅, 11
 J. L. LANGRANGE, 蘭格倫日, 9
 JOULE, 朱爾, 99
 JUKES, 朱克斯, 191
 J. W. RAYLEIGH, 累力, 126
 KANT, 康德, 29
 KAPTEYN, 卡普廷, 16
 KAUFMANN, 考富曼, 59
 KEETMANN, 岐特曼, 59
 KEPLER, 刻卜勒, 9
 KIRCHHOFF, 克希荷夫, 10
 LAMARCK, 拉馬克, 174, 206, 218
 LAMBERT, 蘭伯, 40
 LANE CLAYTON, 雷因克雷達, 247
 LAPLACE, 拉普拉斯, 9
 LARMOE, 拉摩耳, 96
 LAUE, 勞愛, 79
 LAVOISIER, 拉瓦節, 98
 LEIBNITZ, 來布尼茲, 205
 LEONALDDA VINCI, 勒翁納得達芬奇, 8
 LEISCHMAN, 萊希曼, 266
 LINNÆUS (CARL VON LINNÉ), 林那, 209
 LIPPERSHEY, 力柏社, 10
 LOCKE, 陸克, 205
 LORD KELVIN, 克爾文, 37, 68
 LORENTZ, 羅倫徹, 96, 104
 LYELL, 來伊爾, 207
 MACHE, 馬赫, 59
 MALTHUS, 馬爾薩斯, 220
 MARCKWALD, 馬克瓦爾德, 59
 MARIUS, 馬立阿斯, 22
 MAX PLANCK, 蒲郎克, 125
 MAXWALL, 馬克斯威爾, 27, 83
 MCCLUNG, 馬克弄, 197
 MENDEL, 門得爾, 153, 178
 MERING, 美靈, 241
 MERINO, 美利諾, 173
 MICHELSON, 邁克爾孫, 102
 MILLIKAN, 密力康, 53, 92
 MITHRIDATES, 密斯立對提, 253
 MME. CURIE, 居禮, 46
 MORGENROTT, 毛爾根羅德, 262
 MORRIS, 莫里斯, 89
 MORLEY, 摩黎, 102
 MOSELEY, 摩茲力, 84
 MOULTON, 莫爾頓, 30

- NERNST, 能斯特, 130
 NEWCOMB, 鈕坎, 116
 NEWLANDS, 牛蘭, 77
 NEWTON, 牛頓, 9
 NICHOLSON, 尼科爾孫, 22
 NUSSEBAUM, 奴斯包, 245

 OLIVER, 奧力味, 235
 OLIVER LODGE, 奧力味洛治, 103
 OSBORN, 奧茲本, 223

 PASSEC, 柏塞克, 17
 PASTEUR, 巴士特, 203, 255
 PATTERSON, 帕忒孫, 67
 PEARSON, 披爾遜, 169
 PERRINE, 拍林, 22
 PflEFFER, 普淮斐, 256
 PICKERING, 畢克靈, 23
 P. LENARD, 勒納爾, 44
 PTOLEMY, 托勒密, 8, 18
 PYTHAGORAS, 畢達哥拉斯, 7

 QUETELET, 刻特雷, 166

 RAMSY, 拉姆則, 53, 67
 REDI, 勒狄, 203
 RICHARD-SIGMONDY, 穆格蒙狄, 137
 ROBERT MAYER, 邁爾, 77
 ROMANES, 羅曼內斯, 221
 RÖNTGEN, 樂琴, 45
 ROSS, 羅斯, 202
 RUSSELL, 拉塞爾, 35, 69

 SCHÄFER, 謝斐爾, 235
 SCHWARZSCHILD, 士瓦茲細爾德, 39
 SEELIGER, 栖力革, 37
 SIMON, 西門, 9
 SIR GEORGE HOWARD DARWIN, 毫厄
 德達爾文, 30

 SIR N. LOCKYER, 羅累, 30
 SODDY, 索狄, 56
 SPINOZA, 斯賓挪莎, 205
 STARLING, 斯塔林, 231, 247
 STEINACH, 斯坦納哈, 244
 STOKES, 斯托克斯, 102
 STRAUS, 斯特老司, 59
 STRULT, 斯特刺特, 69
 SWEDENBORG, 斯威敦堡, 38
 SYMMER, 辛麥, 91

 THOMSON, 湯姆孫, 43, 86
 THOMAS YONG, 楊格, 82
 T. M. MORGAN, 摩爾根, 195
 TOWER, 陶厄, 176
 TYCHE BRAHE, 泰岐布刺, 9
 TYNDALL, 丁鐸爾, 135

 W. BATERSON, 貝忒孫, 186
 WEDGEWOOD, 魏治武德, 190
 WEIGERT, 外革爾特, 269
 WERNER, 偉爾納, 77
 WIEN, 維恩, 126
 WILLIAM HERSCHEL, 赫瑟爾, 12, 18
 WIL. OSTWALD, 威廉奧斯特瓦特, 99
 WIDLE, 尉德爾, 256
 WILSON, 威爾遜, 52, 89
 WOL. OSTWALD, 倭爾夫岡奧斯瓦特,
 137

 YOHANSEN, 約罕孫, 169

 ZEMMANN, 最曼, 82
 外山龜太郎, 185
 池野, 166
 長岡, 86, 87
 高峯博士, 235
 高橋克己, 242
 鈴木, 241, 242