

著名世界譯漢

談步進學科

著 忒洛克
譯 甫况伍

行發館書印務商

J. G. Crowther 著
伍况甫 譯

漢譯
世界名著

科學進步談

商務印書館發行

中華民國二十六年六月初版

(52735.1)

漢譯世界科學進步談一冊

The Progress of Science

An Account of Recent Fundamental
Researches in Physics, Chemistry and
Biology

每冊實價國幣壹元壹角

外埠酌加運費匯費

原著者 J. G. Crowther

譯述者 伍 況 甫

發行人 王 雲 五

印刷所 上海河南路 商務印書館

發行所 上海及各埠 商務印書館

* 版 權 所 有 *
* 翻 印 必 究 *

(本書校對者王養吾)

集

序

本編乃對一般讀者更謀多識科學上之進步而作。今日欲從智力領略人事況味，皆不可不諳科學。自從科學家發見前人未知之種種動力後，已授此等權力於常人之手。常人鮮解此中原則，遂草草應用之。無論在政治在實業上，處執行地位者，非了解科學方法，不能明白行使其勢力。政治領袖與實業領袖皆不能再依賴技術專家，以應付有關科學諸問題，蓋必須竭智以參加己見也。不然者，將犧牲於謬誤哲學，經濟，生物學，甚至物理學理論之下。其信世間自有求知捷徑者，實繁有徒。或謂憑本能解決心理學問題，愈於假手理性探討。或謂白種人優於黑種人，可不待追究與證明而置信。或謂商業專家儘可絲毫不知電機工程等，而評判電氣事業與其他大工程計畫之得失云。

此書即所以援助一般讀者，俾得增進科學知識，將來不致再坐視若輩不能憑科學以審理人事之領袖人物，俟科學精神廣布人羣中，則領袖人才自將惟具有科學思想者是尙。文化既建於應

用科學基礎上，則其中問題豈不解科學之領袖與從役所能解決哉！

阿斯特柏立君 (Mr. W. T. Astbury) 布拉刻特教授 (Prof. P. M. S. Blackett) 和格本教授 (Prof. Lancelot Hogben) 摩特教授 (Prof. N. F. Mott) 與泥丹博士 (Dr. Joseph Needham) 會慨然審閱一部分原稿，頗有糾正，余所深感。布拉刻特教授與恰力尼博士 (Dr. G. P. S. Oechialini) 科克克洛夫特博士 (Dr. J. D. Cockcroft) 波爾教授 (Prof. Niels Bohr) 底博士 (Dr. P. I. Dee) 窩爾吞博士 (Dr. E. T. S. Walton) 斐得博士 (Dr. N. Feather) 斐爾博士 (Dr. Honor Fell) 坎替博士 (Dr. R. G. Canti) 昆茲博士 (Dr. P. Kunze) 羅凌士教授 (Prof. E. O. Lawrence) 曼哥爾德教授 (Prof. O. Mangold) 奧布賴摩甫博士 (Dr. Obreimov) 累基涅教授 (Prof. E. Regener) 斯科柏爾晉博士 (Dr. D. Skobelzyn) 倫敦王家學會 (Royal Society of London) 與物理學報 (Zeitschrift für Physik) 社主人均慨允供給插圖合並誌謝。

目次

第一章 卡汾狄士實驗所

歷史 卡氏實驗所教授 中子之發見 原子之人工蛻變法 放射性與量子力學

一

第二章 哥本哈根量子論精神

哥本哈根理論探討事業 自然哲學與物理學

五〇

第三章 蘇俄物理學

卡科夫物理探討之進行 生活狀況 探討之設計

六九

第四章 恆星與宇宙

宇宙膨脹理論之種種 星體演化上之暫星理論

九一

第五章 宇宙射線與正子……………一一五

強貫穿性輻射物之研究史 地面地下與空中之探檢 正子之發見

第六章 重氫……………一五五

美國人於物質科學上之探討 重氫之發見 重氫之性質 重氫之重要性

第七章 演化論之化學觀……………一七三

社會觀念對科學探討上之影響 行爲與演化 花之色彩 排泄與演化 卵在演化上之要徵 組成子 生物質之內結構

第八章 人類遺傳……………二二二

生物學與社會學 算理生物學 天賦與教養 遺傳與疾病 絕育

第九章 惡性血虧症……………二六六

本症之性質 肝療法之發見 實驗探討在醫學進步上之重要性

科學進步談

第一章 卡汾狄士實驗所 (Cavendish Laboratory)

一

從來以一單獨機關而大貢獻於科學界者，蓋必推卡汾狄士實驗所爲巨擘。其名既絕著，人或誤認爲歷史已悠久，然實僅創自一八七四年；今日科學家固多目擊其誕生也。任所長者雖僅四易，然皆名震遐邇。首曰馬克思維耳 (Maxwell)。論者每尊稱爲十九世紀第一科學天才，馬氏不若赫爾姆霍斯 (Helmholtz) 與克爾文 (Kelvin) 之平庸；又在人類想念中，亦惟有達爾文與法拉第 (Faraday) 足以勝之。但馬氏之後於若輩，亦至微耳。若論其能啓一代新思潮，使後人循行，則達拉二人猶未逮；蓋馬氏除完成一己功業外，更能激發他人奮鬪也。法拉第雖負奇才，獨缺領袖之資，畢生不能窺破人之懷抱；故始終踽踽獨任，未嘗得一般實助手。英國王家研究院 (Royal Institu-

(Horn) 委法氏物色人才，可供職於實驗所者；法氏多方屬意，累年竟不獲一人。達爾文亦猶法氏，絕對祇能獨行治學。其體弱多病，生性孤僻，際遇又使之然，遂驅其趨入獨自靜觀之途，與世隔絕，傲古之哲人所爲，曾不舉其治學方法與習慣以授徒；故其得意門人未獲充分指導，而自行詮釋師說。馴至所謂達爾文學，竟與達氏本人之觀念與方法，不相謀合。若馬克思維耳則能建樹卡汾狄士實驗所之治學精神與信仰，昭垂後世，爲其生平大功之一，遠非達、法二氏所克幾及。馬氏富有領袖幹才，而不礙其本人工作。科學界固嘗有善爲領袖者，然未必另具工作之能。福斯德 (Michael Foster) 爲著名生理學家，於生理學上，遺留絕可寶貴之信仰，顧本人未嘗發見任何有價值之新事實。特馬氏本人成就孔多，爲人又多足稱，遂令其造成一代信仰中心之大業，反被所掩。馬氏因有癖性，又不好誇耀，故不合爲維多利亞時代健者。且苦於早喪，其睿智固高，但究竟亦深穩而顛撲不破乎？彼謝世時，猶未足以解決之也。彼雖專心於新實驗所諸問題，又制定其治事規程，而未嘗多見稱於人。身體孱弱，年齡方少，猶足以沈迷於理論研討方面也。假若馬氏視研究室爲深邃理論導源地，而實驗室爲附屬地，爲可於其中用手操作以安息疲乏之腦者，則人自當原之。馬氏專範就物理學思

想，推廣以太概念，以敘說磁與電上一切已知現象，並提示未知現象之存在，即如今日無線電信所用之電磁波。法拉第以爲電磁性乃以太之騷動。馬氏從而光大之，遂益增以太之奇特性。以太遇近旁物體時，受何影響？對於此等物體而言，以太是否靜止？於是邁克爾孫 (Michelson) 與摩黎 (Morley) 舉行實驗，即欲以解決此數疑問。驗得結果，又須別創相對論，方足以解說明白。馬氏之論氣體與熱之性質，係引用統計定律於原子羣上，因導出波爾茲曼 (Boltzmann) 學說，更演成蒲郎克 (Planck) 之量子論。故馬氏實爲近代學識上兩大理論成績之直接先導。

馬氏初入新卡芬狄士實驗所，即從事測定自然界諸常數，如電阻單位等之確值。此等工作延至特別研究所成立後，始劃歸彼方焉。馬氏爲國立物理實驗所 (National Physical Laboratory) 創立人之一。迨卡芬狄士實驗所成立五年後，而氏卒。此數年內，氏已爲該所種奠置信仰之基。其後累力爵士 (Lord Rayleigh) 繼之。

累力聲譽日起，亦猶馬氏。累力於理論與實驗兩方，皆極優越。專攻至艱難之問題。在職不久，自一八七九至一八八四年間，仍續行測定各單位，又引用分隊研究法。彼以爲研究所全部應有某種

專門研究工作，爲人人所能參加意見供給心得者。彼規定下午茶點休息時間，俾同人聚談，得以集思廣益，果能大有裨於造就衆多青年物理學家。彼信知力荒竭時，宜從事例行研究，作爲不急之備。例行研究工作中，頗多未獲享名而有用者，正宜委於不能推陳出新之科學家執行之。此時祇須微感進步，便可不受心理抑壓。此等抑壓爲知力受阻時所不免也。似此等例行工作之結果，積久亦能誘出重要新發見，出人意表。累力卽以測定氣體重量，爲其不時之備之一；以爲苟能稱得原子團之重量，至精且確，當不難證實所有各種原子，皆由某種基本物質所積成。累氏謂普牢特(Prout)之假說有可信之道；後果經證實。且累氏於例行測定氣體重量之餘，竟於無意間發見數種呆鈍氣體，告一大成功。不獨此也，氏又繼續研究液體表面之性質，實啓近人研究物質之單分子層 (Monomolecular layers) 之先路。厥功之偉，非當日所預料。化學反應中，有所謂催化卽觸媒 (Catalysis) 現象者，乃一物質激發他兩物質間之反應之謂。單分子層之性質，對此卽有重大關係。

催化法爲今日化學工業所常用，不久或將成爲此工業上最要方法。卽灌氣電燈泡亦據單分子層性質而製成。當累力充卡汾狄士實驗所教授時，設有實驗物理學課程，收效頗著。主其事者爲

格雷茲布魯克 (Glazebrook) 與蕭 (Shaw) 11氏酌採美國麻省理工大學 (Massachusetts Institute of Technology) 畢克靈 (Pickering) 所用方法。1884年累氏辭職，氏以私人之力足以設實驗室，故認為不必再續任研究院例行之職。於是湯姆孫 (Thomson, J. J.) 繼之。年纔二十八耳。湯氏自謂本人暨大學同人咸驚訝任命所自來。又引某著名專門教師之言曰：孺子得充大學教授者，事之窘狀可見云。

湯氏於理論方面，早露頭角。曾發表算學心得多種。又有一巨大新發見。1881年，證明電荷運動時一若具有質量者。此為未來之物質之電理論初次一大張本。湯氏早年理論功績遠勝實驗成就。其思想從未受賜於動手操作之直覺，蓋總以實驗為理論之輔而已。氏研究氣體導電問題，為時甚久。顧無善於利用實驗時機之事足述。湯氏悉憑理性以推究之。有如統帥採用瑣細方法，析出一切可能點，以事準備，而不由直覺以察出衆多可能點中之或然性也。湯氏不為儀器所動，以追求全不可料之現象。實無純粹實驗天才也。心中富有強力，善於想像種種解說；至於施諸實驗，則容他人為之，亦猶親試耳。足見其概念皆藏於其意識心靈內。大實驗家往往藉半意識觀念，以從事試驗。

當其試驗之時，此等觀念乃似轉爲較明顯，較有意識者。

湯氏善於思及衆多可以實驗之有意識觀念，故最合充任實驗所總指導，爲前人所不及。彼能確切指示人人以試驗之工作。其心思至廣，能支配此等工作甚多。雖自身非優越實驗家，然能想出極有效之實驗方法，並指導他人履行之。氏自擇氣體導電一事爲其主要實驗題，遂命學生鑽研此複雜問題之各方面；萬緒千頭，不勝究詰，果足供青年學子無盡藏之取材。湯氏按學生性格，妥爲結合，使組隊而攻究。遂使實驗物理學上，結隊研究之制，得以發展。雖以克爾文聲望之隆，在格拉斯哥 (Glasgow) 曾不能以結隊研究制昭示來者。克氏有虔誠奉教超人之稱。不好誨人，而多仗同事之力，以研究本人所嗜之問題。克氏猶一英雄，湯氏則一將軍也。

湯氏本人所發見諸新學理，與其主持研究所時，所遺影響，孰爲尤要，蓋甚難言，兩者皆於物理學上有莫大功績。湯氏所造就物理學研究家極多。計先後曾從湯氏學而後成物理學教授者，盈五十。如刺得福德 (Rutherford)，布刺格 (Bragg)，威爾遜 (C. T. R. Wilson)，郎格焚 (Langvin)，卡楞達 (Callendar) 等，其尤著也。

湯氏最著成績爲其發見電子。約與氏同時，尙有他人另行發見電子。特探討之深，與解釋之詳，都不逮氏與其共事諸同志耳。湯氏助手理查孫 (Richardson) 研究熱體吐出電子之狀況，方法井然，啓今世熱游子管 (thermionic) 卽無線電真空管 (radio-valve) 之先河。

湯氏主卡汾狄士研究所三十五年，自一八八四迄一九一九。研究所之名譽高出續持人所希望，惟自最後十三年觀之，知其前程方興未艾。湯氏之後繼以刺得福德此新教授曾著三大功績：曾闡明放射作用之現象，曾自此等現象上推演出原子之真實構造，又曾藉此等成績而初次實行人力使原子蛻變。蓋已創立現代原子物理學矣。以個人成就論，寧有逾於此者耶？

刺氏準備向原子構造諸問題上，嚴密進攻；定爲綱領，逐步施行，學者愈研愈入精深，而實驗技術亦日進。如觀察原子現象所需助視器，照像器，電力儀器，磁力儀器等，皆迭經改良。卒至在研究原子問題之設備上，卡汾狄士實驗所睥睨全球矣。卡匹雜 (Kapitza) 用新法，自發電機電路上，分出決流過一低壓，並通絕強瞬間電流過一線圈，因生絕強磁場。有此新法，便可望續行種種探究，互數年之久。

累年苦究，迄一九三二而收穫特豐。察德尉克博士 (Dr. J. Chadwick) 發見中子 (neutron)；科克克洛夫特博士 (Dr. J. D. Cockcroft) 與窩爾吞博士 (Dr. E. T. S. Walton) 不藉放射物質，初次用機械使原子蛻變；布拉刻特 (P. M. S. Blackett) 更創爲照像器，能自動照取宇宙射線之像。

自然界最小質點究爲何，甚難發見。前此物理學家多輩探索經年，始發見電子，卽陰電之元始質點。此一八九七年事。後此十餘年，方能認清陽電之元始質點。今日吾人知氫原子僅含二部分：一爲原子核 (nucleus)，由一質子 (Proton) 卽單位陽電荷構成；一爲遠隔之電子，遶行於核外。至於經過工作之艱鉅，則至足驚人。凡探究工作之結果往往落於平常蹊徑。集幾許高才，向自然界全部謀解決某問題，世代相繼，及既得之，竟盡在至無足奇之境地內安藏馴伏耳。若電子與質子，祇須用激烈方法以處理氫，便可產生。其法至易，且所得者爲數又無窮。試於氫內縱一電花，卽有衆氫原子紛紛裂爲電子與質子。此等電之元始質點誠易致。但求知其法，得來全不費工夫。科學史詔吾人以發見所未見之大難，固不問所發見之爲繁爲簡也。簡單現象既若斯其難領悟，則於複雜現象言之

鑿鑿者，其所需證據，又當如何？降至一九一一年，而質子始經確實認清。氫原子係由一電子與一質子，鬆鬆結合而成。因電子與質子之電荷等量而異號，故常態下氫原子之電荷爲零。此中性原子遠較質子或電子爲大。而質子與電子固大小相差不遠。電子直徑 4.10^{-13} 厘米，質子 2.10^{-16} 厘米，氫原子則大至 2.10^{-11} 厘米。電子與質子小於原子數千倍至數萬倍。故對於顆粒大小而言，氫原子內質子與電子相距實頗遠。物理學家以爲或有一種物質顆粒，由電子質子各一，緊簇而成，視氫原子之構造相反。刺得福德首先嚴格討論此可能事件。布刺格於一九〇四年曾討論中性偶電粒 (Doublets) 之可能性。謂由陰陽電荷各一單位聯合而成，以備解釋放射現象。惟布氏專注於造一理論解說，欲其能巧合於此種現象，而不問其解說有無其他實據。刺氏於一九二〇年發表其意見時，則電子與質子之概念，已知之較晰，而質子與電子聯成中性偶電粒，亦較易信爲實在。格拉孫 (Classon) 與洛柏茲 (Roberts) 試索此中性緊合質點，即所謂中子，無所

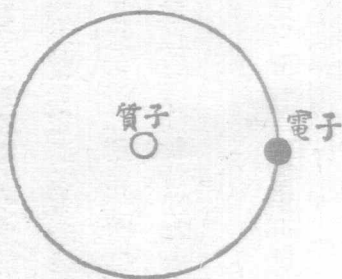


圖 1. 氫原子

得。一九二〇年，刺氏在王家學會(Royal Society)致其培克耳紀念講學詞(Bakerian Lecture)，題爲原子之有核組成。年前，氏初次用人工使原子蛻變。故斯時正合總攬當日對原子構造所有知識，而批判之。刺氏先述數十年來探討所得結果。繼預測若干種未知原子。其言甚饒見地。氏因新奏凱旋，興致尤高。發言如下：——

「此處含意即指一種原子，其質量爲一，而核之電荷爲零者。此種原子構造式似非不可能也。按目前所知而論，中性氫原子作爲有一單位電荷之核，外隨一電子，相距頗遠。氫之光譜謂即由此遠離之電子運動所生。然在某情形下，一電子可與一氫核聯合，較此密邇多多。若是宜可自由鑽透物質而運動。至其存在，恐難憑分光鏡以發見之；且此電子恐非盛器所能封閉。自他方言之，此電子應易於鑽入其他原子之結構以內，或與核相聯合，或被強電場所蛻解。則當演成一荷電之氫原子，或一電子，或兩者俱破壁飛去耳。」

此種預測在科學史上可謂最堪注意者之一。近來吾人陸續發見，以上所言，語語皆關緊要。刺氏又云——

「若此等原子果能存在，則預料當可設法使之產生。即於氫內放電，因氫內電子與氫核皆極多。但恐產出之數絕少耳。本作者甚願於此種情形下，試驗究竟有無產生之端倪。至此類核之存在，或恐不限於一單位質量者，而可多至二、三、四，或更多單位，皆視偶粒相結合時之可能性而定。欲解釋重元素之核之構成，幾非仗此等原子之存在不可。苟不假定有高速荷電質點產生，則難解荷陽電之質點何以竟能反抗重原子之強電場之大斥力，而達至其核也。」

實驗家試於氫內放電，欲獲中子，而未果。其後卒發見一單位質量之中子，遂喚起學者興致，以爲較大質量之中子殆亦有存在者，迄今已有自稱發見此種證據者。重中子或大有價值，因一質點之轟擊力不止視其質量比例而增加。自從研究放射作用所用之工具與技術改進後，加以研究資料愈積愈多，終久而中子之秘密暴露矣。察德尉克博士(Dr. N. Feather)適曾在美洲工作。巴爾的摩爾(Baltimore) 刻黎醫院 (Kelly Hospital) 柏那姆醫生(Dr. G. F. Burnam)與衛斯特醫生(Dr. F. West)予以舊氫(radon)管數枚。其生針(poisonium)之力，強於劍橋所有。針吐出純氦(helium)核，成線束狀，故特別有用。一九一二年，刺得福德與察德尉

克採用轟擊法，使放射質吐出質點，突撞其他原子之核，而觀其變。據刺氏察得，原子核就相對而言，即使有相當質量，亦甚小。例如鐵原子核重於質子五十倍以上。故似應由五十餘質子與二十餘電子構成。似此緊縮原子核內藏有若許物體，當具複雜性質。假若此原子核被錳質點攻擊，或將有碎屑被擊落（一九一九年，刺氏示人以可從鋁原子核上擊落碎屑，）或將震動而吐出特別輻射物。

一九一一年格雷（J. A. Gray），一九一二年察德尉克，先後證明此事。察氏在曼徹斯特大學（Manchester University）為研究生時，僅二十一歲，已證明原子核受特製放射質所吐質點攻擊時，可吐輻射物，其頻率極高，二十年後，仍作與此等同原則之實驗，因而發見中子。自從發見放射質吐出電子可以激發原子核後，即有人藉此以探索核之構造。視核為鐘。撞而察其所發之震動之純音，可推出其構造狀況之一部分。然放射質所吐質點有二種，即電子與氦原子核。故用以攻擊原子核時，所生效應亦將有異。氦原子核質量大於電子幾八千倍。其騷動力或亦較強。人類首次用人力使原子核蛻變，即賴是等重質點，而非賴電子也。儀器日精，設備日周，測驗日準，上述兩種轟擊法皆經嚴密考察。如德國物理學家波退（Bothe）與柏刻（Becker）即曾以此為事。一九二〇年，二人發見

鈹 (beryllium) 被一種特製放射質所吐氦核所攻擊時，吐出奇特輻射物。其放射源甚強，產生高速拋射體。高速氦核撞擊輕原子核，常使其蛻解，即裂出碎屑。波、柏二人察得鈹受轟擊時，所吐不似質點，而為一種極富貫穿力之放射物，能透過數吋厚之鉛板。此似非已知之任何物質顆粒所能為也。

波氏所發見之鈹射線，較向來從放射質所得一切射線，為更富貫穿性。蓋惟有宇宙射線能勝之耳。於是研究宇宙射線之學者大加注意，因此鈹射線之貫穿力乃似介乎放射質之輻射物與宇宙射線之間也。若其頻率高至不可知之列，則或可藉以解釋幽渺難索之宇宙射線一問題。故學者起而力究之。如居禮夫人 (Marie Curie) 之女居禮若雷夫人 (Marie Curie-Joliot) 與其夫若雷在巴黎研究之。察德尉克博士與同事於劍橋研究之。居雷伉儷發見鈹射線能自含氫物質，如石蠟等上，擊落碎屑。鈹所吐出之質點蓋質子也。其速度奇高。試以強磁場驗之，偏向甚少。此事至可怪。假若鈹射線係波動輻射物，則其能量可自吐出之質子之速度推算得之。波動輻射物與質子間之能量與動量交換定律，固為已知者。按律計算，則鈹射線若果係波者，當有五千萬電子伏特 (electr-

FOR-VOLTS) 之極大能。鈹射線既由氦核撞擊鈹核而生，則主攻質點之能量，正可自所生鈹射線之能量計算得之。且主攻質點之能量乃屬已知者，則因氦核來自鈹也。鈹祇吐氦核，不吐電子，或波動輻射物。取供試驗，不致爲他種激動射線所惑。故最適用。而鈹又適被居禮若雷夫人之母所發見。居禮若雷夫人係波蘭籍，因以國名名此新元素。但直接測定之能量，與自石蠟所吐質子之能量，逆算所得結果，並不相符。居禮若雷夫人與若雷因推斷，波與質點間相互作用定律，不適用於鈹射線與質子間相互作用。二人以爲發見一種新式相互作用，專發生於波動輻射物與物質間，非能常住定律所能駕御。同時察德尉克與韋白斯特 (Wolter) 亦發見鈹射線強度乃隨方向而變，不依常軌。彼二人所觀察之鈹射線亦係被氦核所激發者。然射線與主激核同方向時，其強度遠過與主激核異向時。若鈹射線果係波者，此項差異不能大至如許也。

鈹射線之行爲軼於常軌外，且顯似不遵能常住定律。居若夫婦已乞助於輻射物與物質間一種新式相互作用，以解釋此等現象。既而察氏忽悟鈹射線或係中子流亦未可知。氏與刺氏接近共事多年，常討論中子存在問題，並設法探究。當一九二〇年，正與刺氏合作時，曾發表其驚人預測，已

見上文徵引。歐洲大陸物理學家固曾假定若干射線爲波。嗣經英國物理學家證明皆爲質點。似此已非初次矣。英人有好訪察自然現象之顆粒狀態之傾向。此殆由於世代相傳好戲板球，遂養成善審飛行顆粒之行爲之想像力。故一旦於實驗室內遇有此狀，乃能迅速認清。似陰極射線之發見史，卽爲一著例。英國研究家常自然假定爲質點，大陸研究家則假定爲波。牛頓謂光係顆粒組成，而海厄史(Huyghens)與歐陸學者則謂光係一種波動現象。法拉第研究電過導液，所得結論，暗指單位電荷與原子相聯合。至於電係顆粒性一暗示，乃德國物理學家赫爾姆霍斯所作。法氏不甚信原子學說，而此學說大部分固亦英人道爾頓(Dalton)所發明。今日之物質波動學說，乃法人得布洛利(De Broglie)所發明。而所有波動力學大理論家幾全係歐陸籍。此中例外如帶刺克(Dirac)更可爲證，則原籍法國，而生於英者也。

氦核撞於鈹核上，大約聯爲一體。居若夫婦則示意以爲兩核合成碳原子，得質量十三。至碳原子之質量通常本爲十二也。據彼等設解，此中反應如下：

鈹核(質量 9) + 氦核(質量 4) = 碳核(質量 13) + 波動輻射物。

以上方程式內所表各質量並非整數。左端質量之和乃略小於碳核之質量。此微差即表質量轉變爲能，乃可解明波動輻射物之來源。據愛因斯坦證明，在現代物質理論上，質與能乃二而一，而二者。質量可變爲能，成波狀。太陽與恆星之物質變成波狀能，乃生光與輻射能。即一燭或一探燈之微，亦起此變，而放射其能。特爲量至少，祇容推算，不容直接測定耳。物質之原子乃極緊縮之能。若以太空比作雜貨商店，則此等原子猶如最便於收藏宇宙間基本貨物之包裹也。前述方程式果正確者，則質量上所發生微差，應暗示波動輻射物相當於 14×10^6 電子伏能量。至於所生射線若係波者，則吐出時應成能之量子 (quanta of energy)，相當於 50×10^6 電子伏。觀察所知，鈹射線含能，勝於暗中消失之質量凡三倍。

居若夫婦對此，解作從來所立輻射物與物質間相互作用定律以外之一變格。

察德尉克博士證明，苟視鈹射線爲中子而非波，則一切矛盾俱可迎刃而解。前述方程式當易

爲次式——

鈹核 (質量 9) + 氦核 (質量 4) = 碳核 (質量 12) + 中子 (質量 1)。

蓋謂產生通常碳核。其說較近是也。質量微變足授中子以約近充分能量，使擊落石蠟上之質子。其速一如居若二人所見。故能與動量二者之不滅依然如常。又據此亦可說明鈹射線所吐質子之速度，與依主激射線同向進行之質子之速度，何以不同。中子既係質點，自應推動其他同向質點向前也。

欲求證明中子確實存在，須先解釋明白各質點衝撞後，速度如何變化。察氏理論足以說明所見質子之速度，與圖三所示之或然相互作用。既能解釋三次連續撞擊之結果，令人滿意，足見實驗技術已銳進，此等質點直徑不足一萬萬萬分之一。氦核，中子與質子之速度則幾達每秒二萬哩。

鈹射線通過空氣，不與衆多原子相撞。故初發見後，視爲波。至於含電子，質子或氦核等質點之射線，穿過數層空氣層，便與若干萬原子相撞。此等質點皆有陽或陰電荷。故迫近原子時，即斥去之，或騷擾之。彼等使空氣中原子變爲離子，卸卻氧原子

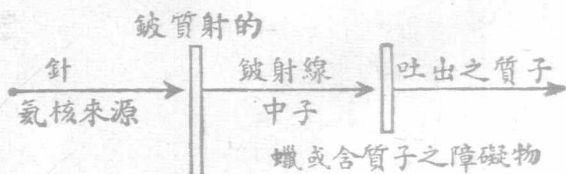


圖 2. 中子之產生

與氮原子之一部分外電子。中子穿過原子時，若不直接撞擊一核或氮核，則不排除電子。斐得博士(Dr. N. Feather)曾照取極驚人之像數種，即示此類現象。(見圖板1。)

斐氏照取被擊原子核之軌轍，短而粗。至其自出發點起之軌轍，則絕不可見。計中子經過空氣中，初未遇任何障礙，直至撞原子核為止，方其掠過氧原子與氮原子外層時，雖有遠較核為多之電子在彼，然曾不與之發生相互作用。中子何以放過電子，繼續前進，終與原子核相撞，始改變態度？試據刺氏一九二〇年所發表意見以解釋之，可得其大概。蓋中子無電荷，可迫近一電子至極邇，而不擾動之。假若被電場之電蒙氣(gaura)所包圍，則將自原子上掃落電子，有如質子或其他荷電質點所為。今中子既無此電蒙氣，則其有效體量當然較小甚多。而其貫穿力則較大甚多，因其不觸及

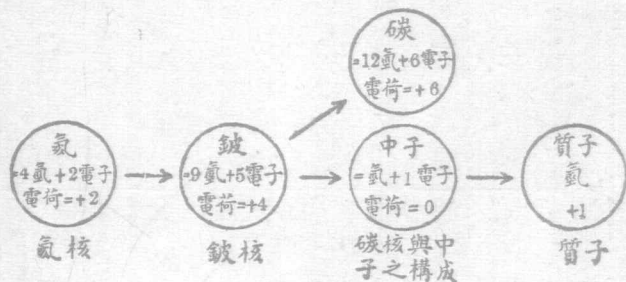


圖 3.

大多數障礙，故能穿過物質。然若此解說果已完滿，則中子似可與若干電子相撞。關於此項證據，雖已略有所獲，顧不若期待之多。鈹所生中子能透數呎鉛層，與一哩餘空氣層。質子與其他可以比擬之質點僅能透薄鉛膜，與數厘空氣層耳。中子所以賦有絕大貫穿力者，即因絕少與電子相交應。既不與衆多鄰近電子相衝撞，則穿透物質時，不失其能。此等相互作用之絕罕，雖可自一般理由，如刺氏所預料者上，窺破之，及至觀察而後覺其極端罕見率，實無從確切解明。察德尉克發表中子之或能存在後甫數週，波爾(Niels Bohr)便以靈妙之說解決其困難。此說建於物質波動說上。按目前物質波動說而論，物質質點所含乃波束(wave-packets)。此等波與光波或無線電波不同，乃含有位置或然率之波(waves of probability of position)。質點運動時，一若受制於或然率波，故外觀似由某種波所構成。質點具有似波之特徵，故呈現波之一部分現象。如大小相等之波依相反方向而進行時，在若干相遇點，彼此抵銷，在其他若干點，互相增強。波遇障礙與本身等大或較本身尤大者，則被反射或阻止；若遇障礙較本身為小者，則不被阻止。水波滾過石子，本身並不改變。

圖四，太陽紅光線遇 D_1 處塵點而透射，不及藍光線遇 D_2 塵點而透射之甚，故 O 處觀察人見天

係蔚藍。

正對觀察人而來之藍光線向旁遠射。故觀察人僅見遠射較少之紅光線。

此現象說明天空蔚藍與日落殷紅之理。太陽發出衆多斜下光線，以映吾人頂上空氣。此等光線若屬長波，即紅光線，則不甚偏轉或遠射，因此等波大於所經過空中之塵點與分子。若斜來光線係短波者，即藍光線，則遠射較多，因途中所遇質點與波大小較相近。故藍光線遇 D_2 塵點而遠射，較紅光線遇 D_2 塵點而遠射為甚。及其射達觀察人 O 之目，則以藍光線居最大成分，遂使天呈藍色。按同理，落照呈紅色。因塵點不使斜來光線遠射，而使正來光線遠射也。如圖五，藍光線

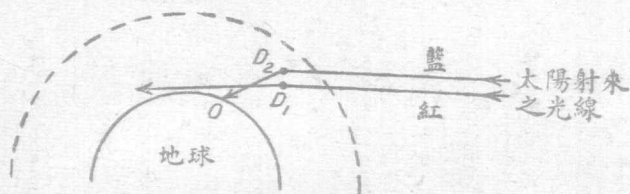


圖 4.

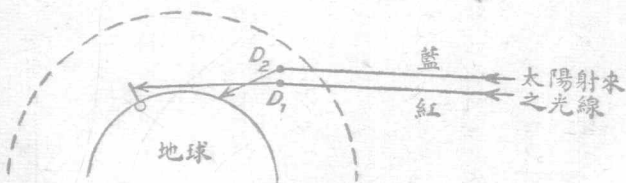


圖 5.

遇塵點如 D_2 者而遠射，不能達觀察人目。至紅光線則掃過障礙物如 D_1 ，遠射較少，遂能達觀察人目如 O 。

累力證明，遠射多少與波長四乘冪成反比例。

物質顆粒既含某種波，則兩質點相遇時，將否發生上述現象？波爾以為或可發見與累力所用以說明光之遠射之公式相類似之公式，以說明含有波束之顆粒之相互作用。波氏斷定一質點之波假若甚大，未必能與其他短波質點之波發生相互作用，或遏止此等波。按累力之波動遠射公式類推，則兩組波束間相互作用之或然率，將視各組波長之比之平方成反比例。據最新物質波動說，一質點之波束內之波之大小，乃與質點之質量成反比例。故兩質點間相互作用之或然率，與兩質量之比之平方，成比例。電子質量小於中子質量幾二千倍。故電子與中子間交應或然率，較中子與核間交應或然率，約小 2000×2000 即 4000000 倍。然則無怪實驗家難覓中子與電子間交應證據矣。中子之存在引起甚多可能問題。其性質與其他大小與之相近似之質點，如電子與質子，大不相同，因無電荷也。中子既無電荷，宜能互相逼近，至於接觸，猶如固體與液體內中性原子之相緊靠。

原子直徑係 $2 \cdot 10^{-11}$ 厘米，中子直徑則為 $2 \cdot 10^{-16}$ 厘米，故須聯十萬中子成一列，方與一原子直徑等長，而 $100000 \times 100000 \times 100000$ 中子可以納入一原子內。似此中子緊靠而成之物質，將較普通物質如水者，密至 10^{15} 即一千萬萬倍。似此絕重物質將透漏任何盛器而過。一呎 (quart) 便重一千萬萬噸，即約近一萬萬萬噸，然仍能自由透過盛器原料之原子間隙，如水穿篩孔而過。及其流盡，器雖空，猶完整不毀也。今日尚無人證明地球含有此類絕密中子物質。至於恆星，則或有之。甚密恆星，如白侏儒 (White-dwarfs) 之密度，有超過水十萬倍者。據米倫 (E. A. Milne) 氏一切恆星之心部皆極密，極熱。或者彼中果有中子物質也。

此中子之被發見將大有助於研究宇宙學者。宇宙間物質據云曾經歷過各種狀態，演化至今。一切已知物質由原子構成。原子則由質子與電子聚成。如鐵原子，氧原子，硫原子等皆是。但質子與電子最初如何團聚成束？假使宇宙有始，則原子是否當元始時即經造成，抑其後在宇宙演化過程中方被造成？此說有可信者，因原子固能蛻變也。既能崩解，則何獨不可假定其能重合。吾人謂物質原子乃直接由質子與電子構成。此意甚難蓄，因此等元始顆粒皆負有電荷也。兩相似電荷相斥。故

兩電子或兩質子不易相遇。除非極速相向而來。一切原子核皆具陽電荷，則何能自繼續增多之質子內構成之？例如氦核具有二單位陽電荷，而含二電子與四質子。似此多帶陽電荷之氦原子，何能收聚更多數帶陽電荷之質子，而成其次最簡單原子，即七質子與四電子合成之鋰原子乎？再舉鐵爲例。鐵原子核具二十六單位陽電荷。此等帶陽電荷之原子核，由二十六或更多單位陽電荷，與若干單位陰電荷，相團結而成。其中構造，似難想像得之。似此二十六以上互相排斥之陽電荷質點，竟能擠入甚小空間，非極善揣測之推理家，不能想像得之。假使此輩係由五十或更多高速顆粒偶然同時撞碰而產生，則按或然率定律而言，其能自元始質子與電子構出一種較大原子核者，機會甚少。故欲解說宇宙間無數複雜原子之存在，非先認宇宙甚老不可。但有中子存在，則此難題立解。中正合代表複雜物質構成過程中第一期。一質子與一電子相結合，並不難想像。因雙方電荷相反。相異電荷，原可想像其相吸，則自當較易於相附着。至一質子與一電子究如何構成一中子，其中機巧尙無人知。惟郎革 (Langer) 與洛森 (Rosen) 曾揣測其中可能性質，頗有興趣。彼等設想中子爲氫原子之變態。正常氫原子本含一質子爲核，外遠一電子，相距比較頗遠。至於此距離之確值，則隨

原子之能之狀態而異。若能多時，電子躑道張大；能少，則收縮。故謂中子爲含能極低之氫原子。其質子與電子多少相接觸。或似啞鈴之兩頭相連通，或似球體，由一電子包藏一質子於中心。當一原子從多能狀態變成少能狀態時，必吐出能。其吐能，乃按輻射能之量子而出，或成可見光線之狀。據洛二氏懸想，氫原子變成中子時，吐出放射能一大量子，卽同時發出極有貫穿力之波動輻射物。至於更近發見陽電子(positive electron)卽正子(positron)，已暗示吾人以質子之非元始質點，而爲一中子與一正子之複合體。若是則中子必較質子更元始，更早有。

既知中子，則可假想複雜元素皆由中子團結體凝縮而成。中子無電場，且不相斥，故易於團聚。若有一團被外來高速質點所撞擊，一部分中子或被蛻變，其餘質子與電子不成整齊片段者，或能自己重行排列，成爲一組原子核，可至任何複雜程度，鐵，氧，鎂，金及其他元素之原子核可以從中子團而結出，彷彿結晶體之結出。此數原子爲文化所賴之原料，故對於人類較多直接利害關係。至於奇特放射質，雖因供給人類以物質構造上之知識，而於科學方面佔極重要地位，但對於實際人生，並無甚多功用。此等物質在地球上極希罕。因少而貴。故在實用上，限制極狹，如醫藥上，如夜光表上，

如精細化學分析上，如其他僅需少量原料之用途上。近來原子物理學上諸多大成績，皆曾賴此等放射質之援助，蓋探究法皆曾以此等物質為依據。此後研究家之第一急務，即在求早日脫離放射質之拘束，而另謀發展之途。自從發見中子後，尤以科克克洛夫特與窩爾吞二人研究告成後（其成績將詳見於下文，）於是而二十世紀第二輩實驗物理學家始出而圖謀解決迎面第一重要問題矣。

郎，洛二氏曾示意，謂某種電子吐出時，中子團被緊縮成氦原子核，可生宇宙射線云。

地球外大氣層內，究竟有無中子存在，尙未可決。中子之質量等於一氫原子之質量。大氣中無氫原子，因其太輕，皆升至頂而逸去。在大氣環境下，氫原子之運動速度足以制勝地球之引力作用。故氫繼續從地球散入外方空間，無時或已。乍觀之，一若地球氣層內任何中子，皆將因此等原故而逃往外方空間。然再進一步觀之，又知其未必然，蓋原子自地球逃逸，不僅視質量而定。尙有其他因子足以左右之。此等因子中，即有所謂平均自由路程（mean free path）者，乃一質點不與他點相觸而行之平均路程也。中子之貫穿力極強，故自由路程極長。其在此環境下，未必與氫原子取同一

態度。中子自地球氣層之頂逸去一事，尙未確定。須經科學家再度探討。

實驗物理學家對於中子極感興趣，則以其供給一種新研究途徑也。在中子未經發見以前，研究家向依氦原子核爲唯一重要助力之質點。放射質所吐此等質點，具有比較大質量與高速，故貫穿力極強，無與比倫。氦核與電子有不同點。利用此等異點，可舉行甚多基本實驗，爲用電子所不能行者，因電子質量太小故也。又中子與氦核之相異點，亦可啓示一組新現象。中子之特性尙多不明。故人多志願澈究之。一旦窺破其隱，當可暴露自然界若干景象，爲前此所不料。故大科學想像家若波爾者，對中子竟關懷至深切者，有以也。刺得福德曾言，一八九五年發見 α 射線後，予物理探究家以無比大激刺。蓋此等射線純係意料以外之新物也。此一發見遂攻破十九世紀物理學界行將就木之陳見，而鼓起二十世紀實驗家之新觀念。然則中子之發見對於將來數十年，或亦有同等鼓舞功力也。（見圖板二）

二

卡芬狄士實驗所內近來又多一新成績，則初次實行用人工使原子蛻變，不假手於放射質。前

此惟賴放射質，既希罕，又乏變化。嗣後實驗家始得逃出拘束。鐳與隨從物甚難得。遂令實驗家無從利用其強射線。似若干萬或千分之一嘔放射粉，吐出質點比較甚少；又不能使之增加，則以放射粉不能多得也。已知自然放射質種類甚少。其性質又固定。實驗家所能採用射線限於若干種而已。放射質亦有僅吐一種射線者，如鈾所吐者僅氦核。或僅吐電子。其他吐出二三種常見輻射物，即電子、氦核與波動輻射物。吐出射線之性質無大別，因質點之速度限於若干固定值，而波動輻射物又常限於某種定長波而已。故實驗家祇可於此等自然放射質所供給之速度與大小之狹窄範圍中，求工作，猶汽車夫之齒輪組祇限於少數齒輪，或將軍之炮隊祇限於若干尊數及若干種口徑，安得不感困難。研究原子之人須要其原子炮隊之口徑大小無不齊備，方稱便利。欲求達到此目的有數種方法。在原則上亦自簡單。試暴露原子質點於電力下，可使運動。其速度視電力大小而定。故改用各種強弱電力，可使質點具有幾乎任何速度。試造一偉大機械，生一比較甚強高壓電流，而使質點流就之，便可得甚多高速原子質點，且為數之多，速度之高，幾可從心所欲。然欲用此直接方法，於製機方面困難至多。原子核直徑小至一萬萬萬分之一吋，而所須強大電機或龐大如屋。機過大易於笨

滯不靈，反無效力。所生高速質點流或狂野不聽約束。若機不盡受命，而動作又不準確，則不能產生精密效應，供觀察者測定之。若照得之像，或察得之光芒 (effluences)，雖明亮而不清楚，則亦無補。欲增加質點之速度，可臨之以衝 (impulse)，即如短且峻急之加速度，或臨之以累積效應方法。

美國柏克立大學 (Berkeley University) 美籍物理學家羅凌士 (E. O. Lawrence) 已製成

一累積衝機。科克克洛夫特與窩爾吞則用一強電場之短峻壓力，以制質點，因得高速質點。羅氏亦曾用累積衝法，以制圓軌或螺旋軌中運行之質點，而得高速質點。其機械之原理猶如以原子為一電動機。其電樞 (armature) 乃由質點充任，受制於一磁場，成圓軌運動，並連受電力衝撞，使不外逸。祇須用多次小電力，竟

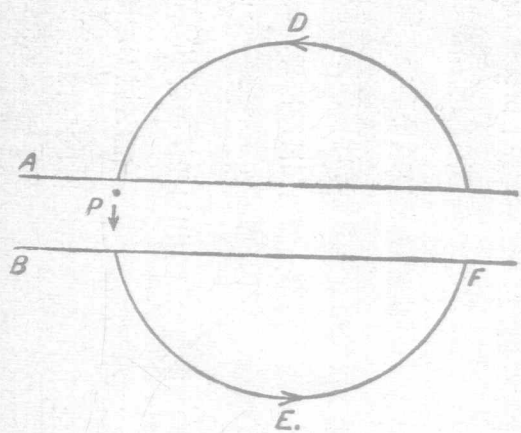


圖 6. 羅凌士儀器之原理

能逐漸增加質子與其他質點之速度，終使含能多至數百萬伏。羅氏所以能藉小電力收此大效者，則以其用累積法，亦猶大多發動機，皆賴連續加入比較小力，而卒生強大效應也。羅氏機械以二金屬片爲主件，如圖六中A與B。

二片間電位差須使甚大。片係金屬製，且善導電。故電場不致侵入D、E二處。然此二部可使受制於一圓磁場。設有質點在P，被A、B間電場驅向B。若B片上有孔，則此質點將竄過之，並被圓磁場挾持，而轉投至B片F處。若F處亦有孔，則質點又將侵入B、A間之場。設當質點從P至F時，場適改向，則質點自F穿過B片而趨往A片時，將再增速度。故於A、B兩片上穿成適當多孔，又於兩片間設一交流電場，則按理論而言，足以產生屢屢加速之質點。惟在實際，則製造方面殊有困難。且此等困難乍見若不能制勝然。羅氏居然征服之，而得數百萬伏能之高速質點。其所造機能生一千五百萬伏能之質點流。彼應用一切旋轉電動機之累積即共振原則而著效，在實驗方面告一大成功。羅氏又已用二單位質量之重氫原子核，撞擊各種原子，而發見若干驚人新事實。凡引用旋轉動作於機械上者，常爲設計上一大進步。今羅氏即已完成此項工作，已造就第一座原子電動機。

科克克洛夫特初試用額外加速力以製出高速質點時，即採用與羅氏法相似之方法。後因不聽指揮，困難叢生，終擯棄之，更決謀發展直進衝擊方法。若取一管，盛低壓氣體，通強電力至兩端點，則管中放電，且有電流通過。此因電壓使衆多氣體原子變爲游子，失去電子，遂有衆多帶陽電荷與帶陰電荷之質點，得被釋放。在電場衝擊下，帶陽電荷之質點，即少一電子之正常原子，遷向一端點；而拆出之電子遷向另一端點。此等帶電荷質點一運動便生電流。管內若盛氫，則變爲游子後之氫原子被劈分爲兩種原有成分。每一原子釋放一質子與一電子。至於質子與電子兩反向流之速度，則視管所受電壓而變。若用數十萬或數百萬伏高壓，可使管內生極速質點流。

圖七同心圓表示正常氫原子各含一質子（內小圓）與一周行電子（小黑點）。小圓趨向陰端點，小點趨向陽端點。

欲製一管可容吾人隨意試驗者，頗不易。製成後，必須能生強有力且恆常不變之電場。此非絕優越機械工程師不能解決。由此可見物理學欲求進步，尙有賴於工程學

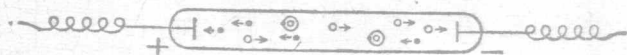


圖 7.

之發達。工程學受激於實業界之需要。實業又受激於實業家爭利之雄心。故物理學之進步乃有關於社會競爭力。

試觀克窩二氏之機械之設計，可立悟社會動力影響之巨。此二實驗家以一管盛氫，使生高速質子。即依圖七所示原則為之。當質子沿圖八內六呎鉛垂高玻璃管而降時，以一強有力加速度臨

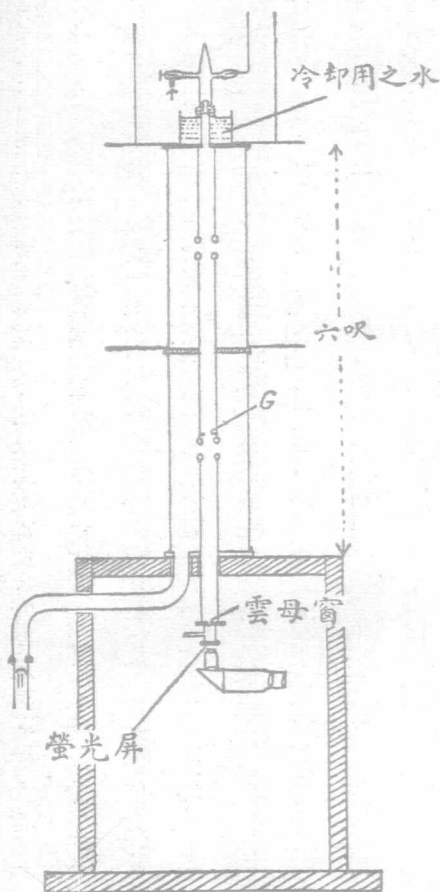


圖 8. (Cockcroft and Walton)

之質子先自頂端小管釋出，經過一導管。其外有流水冷卻之。然後入大加速管。大管與小管皆分節甚多。因試造時曾將各部分排列於種種不同位置，始發見最佳安排法。今若不分多節，則將極難運用。然欲於大小管內產生質子，並予以加速度，又須使管內保持高度真空。各管既分多節，則又何能使保持高度真空？此雖可用大多數玻璃管節，熔埋成一總管，長達六呎。惟此式機械將不聽指使。因玻璃管節不易隨處切斷並補合。一旦全械裝成，便無從更動。實驗人兩手有如被縛，不能安排機上玻璃件。故欲製科窩二氏之機械，首須採用一種屈伸性物質，以製不透空氣之管節，似兒童製模型為戲之代黏土 (Plasticine) 即合用。自從發見此物宜製高等真空管節後，物理學竟得有重要進步。此外實驗家更須易於治理管內之真空，即須備有強力真空抽機，能急速減低管內氣壓，使常處於適當低度。若抽機須耗時一週方能抽盡管內氣體，則實驗家之入手方法大受其累。初次所得質子，若速度不足，勢必守候一週之久，方能再試。此時若急不能待，而拆卸原械，打破或切斷真空管節，屢屢為之，所費不貲。反而言之，若抽機強有力，能於數分鐘內減低器內氣壓，自一大氣至所需低度，則實驗家易於控制其器械，將便利不可以道里計矣。原來祇能試驗一次者，今可試數十次矣。總之，

實驗家需要適宜物質以製管節，又需要有效抽機。柏赤博士(Dr. O. Pi Eurch)曾發見若干種特異型料與油類，正合此方用途。柏赤博士供職於某大電器製造公司研究部。世界各大電器公司隸於一國際信託組合(Trust)之下。此信託組合之董事惟恐社會人士依賴電工之不足，竭力圖謀增加人類對於電器之需要，以供其贏利且獲勢。然此世界信託組合事業組織並不謹嚴，乃縱容美、德、英與其他部分相競爭。既有競爭，則各公司與其研究部常有改進，以稱霸於一時。此仆彼繼，如運動團體聯合會中之狀。

在基本製造過程上，能有改進，則影響於經濟實甚巨。例如增進製造裝氣電燈泡與無線電管之方法。全世界需用裝氣電燈泡極多。每年達十萬萬枚之譜。若能改良抽機，以急速排除電燈泡與無線電玻管內之氣體，改良原料，以製金屬與玻璃管節，則影響於經濟必極大。資本家爭取操縱電器公司之權，又從其餘人類間爭取最大利益與勢力，因而造成進取活躍空氣，鼓勵有才科學製造家，一心惟改良致用是圖。柏赤博士發見數種油類蒸發極慢，故極合潤澤真空抽機之用。蓋不似其他油類易吐氣體於器內。故科、窩二人若無柏氏所發見之油類，亦不能運用新器械也。於此足見

關於原子方面之最要新實驗，乃與工業發展有直接關係，又因此而與資本家彼此競爭，亦即資本家與他界人士彼此競爭有關係。此等關係更可從本器械其他部分上見之。質子入G管，即受強電場之控制。此電場可增強至八十萬伏。乃由一組變壓器，整流器與容電器而來（圖九）。此等器械皆現代工程之產物。電能欲其最便於分布，莫如使成高壓交流。惟用戶則需低壓電流，尤以直流為

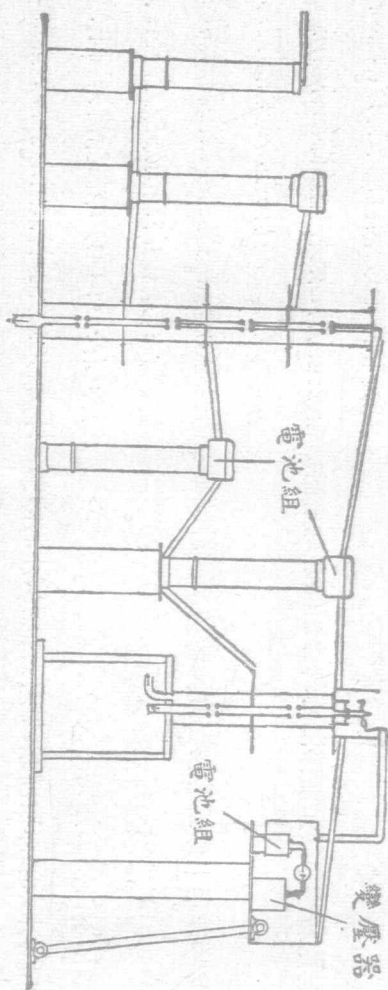


圖 9. 科窩爾氏用以產生高壓不變電流之變壓器與整流器全組

多。故須有變壓器變其電壓，整流器以改交流爲直流。皆重要工業產物也。迨電廠規模增大，電能分布區域增廣，變壓器與整流器亦須增大增強。然電壓愈高，所需絕緣設備亦應愈嚴密。絕緣方法改良，則器械可緊縮，亦易於管束。科氏器械即採用新式變壓器。氏儘量取給於最新電工資料。其所安設變壓器、容電器與整流器，能供八十萬伏位差於G管兩端間，續持不變。質子自頂端小放電管竄入此強電場，順管而下，隨行隨增速。管底可置各種物體，使受下降高速質子流之作用。觀察人坐於室內，可從顯微鏡窺

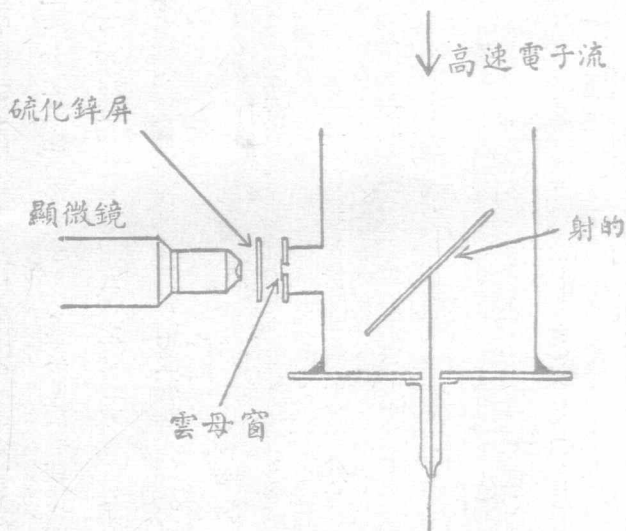


圖 10. (Cockcroft and Walton)

視各種物質受擊時之狀態。此射的之安置法如圖一〇所示。

置雲母窗垂直於質子流之方向，且隔一充分距離，則可免質子旁行，並穿窗而過。或擇厚度相當之雲母片，亦可阻質子流透過。質子沿管而下時，速度爲已知。其對雲母之貫穿力，可自速度推算得之。若雲母厚度適足以阻止最高速質子穿過，則必無質子得逃過雲母窗。設有越過此窗之質點，必另有來源。

科窩二氏發見若用輕金屬鋰製成射的，則當其受高速質子流撞擊時，確有質點逸過雲母窗。此等質點既非來自質子流，則必來自鋰。因電場減低至十二萬五千伏，而放質子時，窗外亦竟有質點可尋。是爲鐵證。蓋鋰原子遇比較低速質子而蛻變。至於原子遇放射質而蛻變者，祇有用數百萬電子伏極強氦核方可致之。故科窩二人初以爲必須遠過十二萬五千伏方可。嚮使二人除依賴放射質以致蛻變外，別無其他南針可循，將自料以爲必須用數百萬伏強電場始能使鋰原子蛻變。然近年理論探討方面已證明，遠低於此之電壓已足使蛻變矣。干卯 (Gamow) 革尼 (Gurney) 與昆頓 (Condon) 於理論方面探討，得以說明放射質原子核蛻變時之機械作用。然後科窩二人始

敢深信其器械在低電壓下亦有效力也。至干革、昆三氏之觀念，將見下文。

質點之貫穿雲母窗，有數法證明。試用硫化鋅塗一屏，置於迎窗待有高速原子質點撞擊其上，便起綠色小亮點。老資格觀察人一見亮點之種類，便能推知質點之種類。電子、質子與氦核，因質量不等，生出特殊亮點，大小亦各不相同。氦核質量較多，所生亮點亦較大。

試以十二萬五千伏質子轟擊鋰，則硫化鋅屏上呈出亮點，似係氦核所致。前此有以高速質子使鋰原子蛻變而得氦核者。似此用人造機械使原子蛻變初次成功，實大可記之成績。刺得福德曾敘述此等大實驗，其文字亦以馳名。刺氏察看亮點，認為由氦核所致，刺氏三十年前即發見氦核射線或氦質點射線。為最早年發見大事之一。彼云一見鋰質點所致亮點，即認清其質點之性質。蓋 α 射線誕生時，氏適在場，故立知其為嫡傳後裔無疑也。

鋰所吐出質點之射程與透力明示質點為氦原子核，運行時挾能約八百萬電子伏。此等氦核較自鋰原子核主釋氦核之高速質子，挾能多出甚多。故質子顯然充作原子觸發機或爆發機，引起爆炸，遠較本身脫出時為猛烈也。

此等結果初亦有人料及否？鋰核擁有七質子與四電子。若攔得一質子，則核羣將含八質子與四電子。就推理言之，此輩蓋最易裂成一對氦核或 α 質點，各具四質子與二電子。

似此一鋰核合一質子而產生一對氦核，實合理。惟若氦核乃逐對而產生者，則應可雙雙被察出。氦核之動能遠較助產氦核之襲來質子之動能為大。當係發自鋰核之內源。故一對氦核之總能量，不問在何方向，應不變。一對氦核既係由內裏原子爆炸而成，必以等速恰相背向而分飛。假若不如是，必有能與動量自本組以外襲入。且投射質點之能，固知為比較可略而不問者也。科窩二氏立即創為實驗，欲判定氦核究否逐對被吐出，每對兩個體是否相背以等速而運行。

圖一二示於鋰兩方等距處各置一屏，兩屏上同時所受撞擊之百分數甚高。可見氦核大約係成對而出。其後底氏 (P. I. Dee) 與窩爾吞於威爾遜觀察室內照取雙蛻變像，甚可觀。圖板四即其若干例。每一

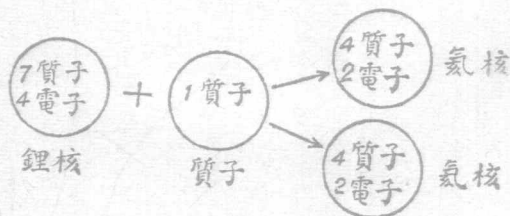


圖 11.

氦核有能約八百萬電子伏。則每一鋰核爆發時，釋能當達一千六百萬電子伏。此中暗示若干有趣問題。似此鋰原子爆發而釋能，是否可有上述之大量？

鋰核與氦核與質子之質量彼此相比，並非適成整數。蓋氦核之質量係 4.0011，鋰核之質量為 7.0104，質子之質量為 1.0072 單位。當鋰核與質子起作用時，其中質量變化，可表示如下：——



$$7.0104 \quad 1.0072 \quad 4.0011 \quad 4.0011 \quad 0.0154$$

一對氦核之質量之和，較鋰核與質子之質量之和略小。然則所遺下

0.0154 單位質量將何為？此蓋變成能，故賦予每一氦核以絕高速度也。愛因

斯坦已證明質量即能之一式，可謂能之凝結式。宇宙所有物質皆係已凝結

或被束縛之能。試解此縛，則此能可被傳授於附近質點。質點得之而飛散。科窩二氏之實驗即證明

原子質量可假人造機械以變成能。如此釋出之能絕少在五十萬伏下。每十萬萬被加速質子中，祇

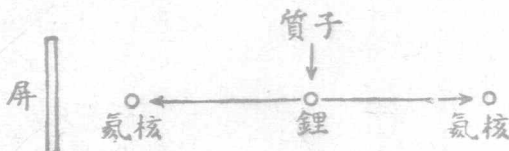


圖 12.

有一質子得蛻變。又運用機械所需電能，亦僅有一小部分得達質子。使質子加速時，所失能甚多。每一質子蛻變若干次。逐次失能亦甚多。故每次原子蛻變所釋能，雖遠多於主撞質子所有能，仍遠遜於運用全機械時所需之能，至於不可道里計。在今日，此機械尙不能解決由質生能以供工業需用之一問題也。物質可謂爲極緊縮之能。似一椅一磚之微，其物質內所藏能，足驅一巨船渡大西洋。設吾人能毀滅一磚之質，而悉使轉變成能，則足供倫敦一週所需電能。宇宙間一切物質原子皆成包成束之能。宇宙爲何儲此含能之物質，則不可知。所幸者，原子能實遠不若吾人期待者之難以探及。假若原子能與質量相纏縛，較今日實際更堅定，則或將永遠不容人類窺探矣。宇宙物質並非無限穩定。假使無限穩定者，則宇宙演化之謎，將不僅永無明瞭之日而已。物質，地球，太陽與恆星，皆呈有演化痕迹。故物質之由能構成，或原非甚難，亦未可知。若已成原子狀之能束今日存在，則必曾經一構成時期，而以後不能再摺合。凡此固容吾人假定者也。

人類尙須訪索彼有爆裂性不穩定之原子，將用何法使其一觸即發。觸發物質所需之能，或遠少於此際所釋之能。因觸發炸藥所需之能，固遠少於爆發時所釋之能也。

科窩二人之儀器與實驗，雖以攫取原子能爲目的，願尙未提示任何收取原子能之善法實用上，此等發生原子能之機械所生之能，必須多過施用於機上之能方可。科窩二氏之機械之效率低至一萬分之一。按理論而言，此類機之效率恐終不能逾百分之四。卽產出原子能不逾所耗於機上之電能二十五分之一。若予投射質子以五萬萬電子伏能，則於一立方呎鏷上，完成原子蛻變之原子之百分率或可高，而所釋原子能亦或可多。但欲生五萬萬伏質子，所需能更遠多過此。從此等方面着想，使研討蛻變問題之物理學家，不樂於太早希望利用此新式能於工業與人生上。惟近來既已有人造機械，釋放若干量原子能，已告成功，則再多經改良，或完全另換新法，甚至假以數百年時間，而猶不能發明善法，以取得原子能多過耗於機上之能許多倍者，蓋亦難信也。今日一線希望卽寄於中子上，以爲將來或可藉以產生原子能，供實用也。中子僅與含能待放之原子核相交應，施展其能，攻入原子原動力廠，與核外環遠諸電子哨兵相擠擦，而不耗竭。

科窩二人又發見高速質子並使其他原子蛻變，固不祇鏷而已。試以五十萬伏加於鈹，亦得少數氦核。惟自管外窺之，無所見。剛則遇十一萬五千伏低壓，已崩解。或係裂成三氦核，如圖一三之式。

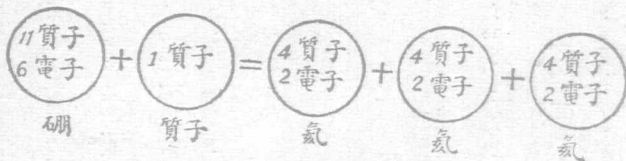


圖 13.

科氏曾受電機工程教育與訓練，以完全資格充電機工程師。二年後，獲一獎學金，因入劍橋大學，攻應用算學。及其研究物理學時，已近三十。比較為稍老大矣。然自中學大學畢業，羽翼豐滿，繼以數年實習，再進而究算學，似此等訓練實若干門實驗物理學上所最需要者也。實驗物理學家必諳現代算理。物理學兼具工程技巧與經驗，則以備計畫強有力機械也。卡匹雜教授 (Prof. Kapitza) 曾計畫著名超磁場機械。卡之資格亦猶科氏。物理學家須諳算學中足以啓示新理論要點之諸部分。若於此等理論無一般了解，則不能受鼓舞而起為光明之實驗。若無工程技能與經驗，又不能造強有力機械，以測探此等理論中諸點。

電機工程師供獻於近代物理學者甚著。愛因斯坦曾習為電機工程師。英國今日最著理論物理學家帶刺克亦然。然則工程師之想像力果於今日理論物理學家為有特別價值乎？似此演繹，恐非若干時髦論者所願聞。因自

從量子力學出世，論者以為舊日對自然界所用機械式推論法與描寫法已失其用。其實量子力學亦猶他種力學，同屬機械性。既同以描寫現象為事，世人自覺其具機械式描寫法。質言之，量子力學之敘說宇宙，較其他任何理論尤有成效。則量子力學豈不可為機械學家敘說宇宙而告成功之證據乎？帶刺克著論曰：近來理論物理學上之進步內含「自然方法無隨意性」一語。無隨意性獨非機械學家之科學觀之主髓乎？

一九二八年，革尼、昆頓與干卯三氏之理論探討成績刊行後，證明可用質子運行於比較低壓下，使原子蛻變。放射質原子所吐氦核，含能多至數百萬電子伏。據此，若能得一原子拋射體，含能與此等多者，當可使原子遇之而蛻變。刺得福德即曾證明可用實驗致之。此說乃據常識，並非根據放射性蛻變作用之性質上之知識而來。革尼、昆二氏首先發表其對於自然蛻變作用內幕之洞見。二氏應用物質波動說之新概念，以說明核之組成。

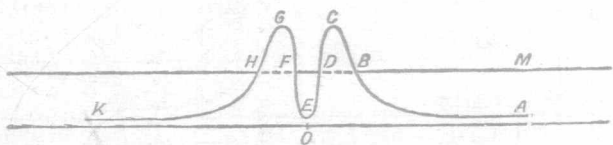


圖 14. (摹革尼與昆頓二氏原圖)

試以圖一四表示一放射原子核之斷面。核之中心在O。波狀線則示距O遠近各處之力之強度。當中心O處，曲線降低至E，力甚弱。離中心不遠，力已增至高值，如G與C。再遠，力又驟減。設H F D B M線表一力，為四百萬電子伏以下之質點所不能制勝者。過G C再作一水平線，距O較H F D B M遠二倍，則表另一力，足以控制八百萬電子伏之質點。

設核內有一質點挾四百萬伏能而運行，則永不能超升F D以上。僅在F E D區域以內擺動而已。其行動甚似球軸承在殼外槽中起伏滾動。若先持球於圖一五B處再釋之，則將滑下至底，再緣他方而升，達同一高度，仍復墜回。若係自B點同高處釋出，將永不能越出谷外。假使原子質點似鋼球，則放射作用便不可解。按波動說，物質質點皆波組，或類似被波控制者，而非界劃明顯，表面齊截之物體。則球狀物應改為波狀結構，由緊縮波團聚成一中心。其外緣則銷褪甚驟。故以圖一六之狀為較正確。圖中各圓表示或然率波

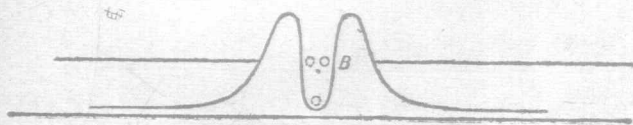


圖 15.



圖 16.

前 (wave-fronts of probability) 所謂或然率，即指質點之能。一若將於任一瞬時集中於某一處之謂也。而相鄰同心圓間之距離，即示此類集中點之發現之不確率之大小。按質點波動說，質點之能幾常在谷內。顧亦有顯露於外時。即視或然率何時昭示其當在較外之一圓上。質點之能量與核內力谷之大小，有時或可使導領質點使發現之或然率波，竟存在於谷外，且負有頗大力。則該質點有時將出現於谷外，且潛逃無踪。其逃去時所挾之能即原先在谷內時所具有者。蛻變或然率全視谷之大小與質點之能量而定。大多數原子中，核谷以外之或然率波前皆極微弱，而質點越出谷外之機遇亦極少。如鈾原子內，質點之外波越過谷外者，平均須五萬萬萬年始有一次被佔據。至於鐳¹內，或然率波有一大段伸出谷外。其質點之能可極常存在於谷外；質言之，蓋每一百萬分之一秒一次云。在穩定元素如鐵者，核內之力谷與所容質點之能又不同。其質點之能幾從不發現於谷外之微弱遠波之內。按

波動說，凡含有一能逃之 α 質點之原子，多少皆具放射性。因宇宙間隨時隨處可有質點之能發現也。但若二次發現離初次發現，相距須在一百萬分吋之一以上時，則此或然率大概小至無可想像。原子具有放射性。因宇宙間一質點之位置乃由巧遇而定。一質點此際在此，一霎後或已飛入月內。惟二次距首次如是之遠者，其不確率甚大。若就結構適合之原子而論，前瞬在原子核內，次一瞬便移至其外一萬萬萬分之一吋者，其不確率未必甚大。放射性乃宇宙之統計性質之結果。蓋隨亥森柏格(Heisenberg)之測不準原理(principle of uncertainty)而來。宇宙間無一質點佔據一絕對準確位置。欲測定一質點之位置，不能超過一已知準確限度。而此限度之大小則與原子核大小同一程度。有若干原子內，核與組織成分之相對大小與狀態，使一部分組織成分之位置上之可感覺浮泛性延至核外。放射質之蛻變並非出爆炸作用一途。韋昆二氏所記謂 α 質點自放射質原子逸去，幾不容注意。質點位置或然率波與其他各種波，皆遵循同一組算學定律。故有關放射質蛻變之質點波之景象，可持與其他波動現象之各方面觀，對比而觀之。例如二透明物體間表面上所起全反射現象即其著者。似光線入水，在水面以下起反射，固人所常見也。

若光線投射於水面上所成夾角頗銳小，則光線不復射入空氣，乃於觸及水面處完全反射入水中，如圖一七所示。其水與空氣固明明皆透明者也。光若含小質點，則觸 A 處，便將改向，不直透空氣層而過。亦猶檯球觸檯邊而彈回或彈開。但光線所含乃波。其現象自較此複雜多多。A 處所生騷動確稍稍伸入空氣。其強度衰滅定律，則與有核點現於核外之或然性之強度之衰滅之定律相同。前敘波爾解釋電子與中子相撞罕起相互作用時，即示光之波動說與質點之波動說間類似點之一。前舉該例時，曾憶起光之遠射現象。至放射質蛻變上，又憶起二透明物質交界面上之全反射現象。

干卯約略計算各種有核質點之波離核後之強度，因知有時奇大，出乎意外。此即暗示，比較含能不多之質點，迫近核外時，竟可鑽入。因迫來質點之波，有力善穿核之藏能之壁而入內，與核內含能相等。

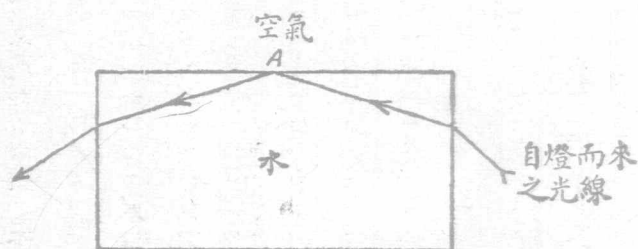


圖 17.

之質點善鑽壁出外，其強相等也。科氏發見此現象後，遂信含有中等能量之質點可貫穿若干種原子之核。

當放射質之 α 質點轟擊原子核而使蛻變時，往往有一質子吐出。例如高速 α 質點轟擊氮核，使吐質子。布拉刻特證明氮核攫獲襲來 α 質點，而並不裂為其他碎屑。科克克洛夫特發見質子轟擊其他質點時，亦有產生 α 質點者。故彼所正在探討之現象，有一部分類似用人工製出放射彈丸，使核蛻變之作爲之反面。最初原子蛻變法乃藉放射質，其後第一新法乃用機械。兩方關係頗足注意。前者 α 質點鑽入，而質子脫出；後者質子鑽入，而 α 質點脫出。此二現象間有此關係，乃使原子成爲較易明曉之物。假若二現象外表上毫不相聯，將示吾人以蛻變機構可變化多端，遠過於此。則人類智力所不及之闕益增大矣。

科窩二氏所發見原子蛻變新例，有關於恆星之組成與宇宙之歷史。地球與恆星內之元素之相對量，必與蛻變之難易有關。易被質子蛻解之元素應稀少。然則鋰稀有不足怪。恆星中心含高速質子與電子，各方噴射，乃因溫度極高之故。鋰原子何能規避蛻變，除非所遇溫度低至適當程度。恆

星氣層中有可被質子蛻解之元素。從分光鏡中可斷定其存在，並測定其相對量。吾人可藉此增多恆星年歲與性質上之新知識。厄丁吞 (Eddington) 曰：天文學與物理學相偕並進；原子結構固闡明恆星組成，而恆星行為又昭示原子性質。誠可謂善言也。

第二章 哥本哈根量子論精神 (Der Kopenhagener Geist der quantentheorie)

五十年來，卡芬狄士實驗所爲研究實驗原子物理學之唯一學院。此院中學生在原子現象上所作實驗研究工作，較其他任何實驗學校中爲多。酷嗜實驗之銳覺可謂英國科學天才之最強表現，乃合併手術上之技巧，與理論上之明達而成。徒知嘗試事物，不足與言實驗成功。必使手術嚴受理論了解力之統制，始能收應得之效。嘗試精神並非科學實驗之靈魂，僅其一重要份子而已。就某意義而言，實驗科學所涉獵者，較理論科學所涉獵者難駕御。儀器固不若算學符號之靈活。故實驗科學對於獨自傾向特強之人，特別投機。因實驗方法較用紙上符號爲助之理論研討方法，以言完全，則遠遜，而重要卻相伴。算理物理學家不需儀器，祇需紙筆書籍而已。此數物固最易控制者也。其工具既易控制，其工作方法之完備與否乃易於感覺。此完備性乃迎合飽受理智訓練之人。歐陸學

生所受理智訓練，較英國常規下爲齊備。歐陸理論研究之平均水平線高出英國，殆因此故。若云德英兩國所產生天才人數，在比例上相等，獨三等理論家，則英遠不如德之優秀且衆多。德人所受理論訓練極完美。故國內多沉悶科學家。此輩常遭英人評議，且被視爲德人知力上原有沉悶性特點之表示。此實於德有利。英國此類沉悶探討家較少。一部份因英國教席較易致，探討家常較早脫離此沉悶生活。英國有一種貴族傳統心理，以爲事非作妥，皆不值一作。試披閱英國科學史，可見有閒階級之選擇實驗題材，與採用實驗方法，乃以社會習尙爲指歸。此種影響實甚深也。欲從事實驗，非財莫辦。故愛好實驗之癖或卽內含貴族成分。至欲社會資助實驗事業，必須實驗家先示人以其工作之有價值，而贏得社會信仰方可。英國社會之資本化，發達較他國爲早；此中傳統或卽英國實驗物理學家得名所由來之一部份原因。英國早年實驗家多係富豪。彼等有權勢，擇其所好而爲。其工作具有始創性，一部份卽因經濟獨立，乃能智慧獨立。惟經濟獨立雖予彼等以思想自由權，同時又使彼等不耐知力紀律之束縛。如舉行一種實驗，儘可中輟，則以非受雇而爲之者，無始終其事之義務也。既無繼續工作之必要，自不願埋首苦受理論訓練。飽受教訓之理論家，固非所望於英國富紳。

蓋須另從一流人中產出者也。

英人在實驗原子物理學上居領袖地位，既係一部份由國中社會史而定，則歐陸民族之在理論原子物理學上佔首席者，亦一部份由大陸社會史爲之。在大陸國家內，專門學者之於資本家，其對待地位較在英國爲高。故彼中專門學者之學術傳統較佔勢力。此傳統乃屬純粹理論性，以讀書爲務，養成學生多重書本，少親實驗，多尙律師精神，少傾包工人精神。大陸科學家已導率其他國，於自然現象中，圖謀整理其線索。尤以近年爲甚。若言原子物理學之理論所佔領區域，則十年來推哥本哈根爲主。波爾卽現居領袖地位之天才主人翁。近數年間，主要青年理論原子物理學家一露頭角，皆往哥城就學。彼中理論物理學院 (Institute for Theoretical Physics) 之知識沃土培植青年英才，皆使發皇光大。今日從事理論研討最力者，推亥森柏格與帶刺克。二人未受哥本哈根量子理論精神之同情與了解前，其天才猶未被完全啓發也。此精神爲何？蓋波爾之心理之表示也。波氏之想像力既強，且善屈伸，遠非常人所及；又具有完全理智志趣，一遇新觀念，立悟其要點與價值，神速驚人。波氏善於領悟之心周轉極速，安排觀念成善變理論，如塞理 (Shelley) 之心揚其文字，

高入九天，成爲燦爛詩句。波爾心理之豐贍與善作斷續，皆似與量子觀念之性質相關聯。此原子量子論創造家具有量子式心理，是否偶然？大約惟有天賦斷續思考方式之人方能盡量操縱斷續概念也。反之，惟有天賦連續思考方式之人，方能運用連續概念也。人之思考方式，若與同時知識環境內正在發展之觀念之方式，偶然發生關係，其足以左右一人對於學術上之貢獻爲何如者，嚮使波爾生當一八六三年連續學說之日，其心理亦能似一九一三年斷續學說之日，遭遇同等廣大範圍乎？

今此理論研究院已有十年以上歷史。其舊學生衆多且顯著。當復活節，多有重返哥城，加入私人討論會，而研究原子物理學問題。此際波爾之個人才能與領袖資格乃大暴露。哥城離中歐路途之遙，適足以阻止熱心不足之士前來與會。故到者約三十，皆精明異常。德，法，英，荷，俄最大思想家多參加。哥城秩序井然。安寧不譁，頗合於討論自然科學問題。理論物理學院院址尙寬敞。院宇飾以灰色。講堂不太大，可免虛儀之煩。討論時間分爲上午下午二節。每節一小時半。普通科學論文冗長困人。改用活潑短文方足以維繫聽者興趣。並於小圖書館內案上進茶點；此等案上固曾經作家伏而

著述名書，亦曾經學者暇時作乒乓消遣者屢矣。

方乒乓戲正在進行中，院長於不知不覺中來宣告講堂上將開講一新問題。先立門首，執態甚恭，若欲發言又不知何言得體者。一二分鐘後，擊乒乓者知其來，方停戰。遂偕聽衆魚貫入講堂。

堂內各專家分別報告各問題之近況，與自行研究之心得。亥森柏格坐於前列聽講席之中。波爾坐於右端之末，面對發言人。亥氏爲總務員之長，故獨坐。每遇讀至疑難點，亥氏與他人輒插言提出之。往往討論甚烈，當演講與中間臨時討論時，波氏忙於起落，或批評，或提示。音調沉靜。有時連講多時，並無人傾聽。此中領袖得大聲自言自語，不爲從者所注意。通常所謂領袖資格，波氏所具甚少。此蓋向來所未有。量子論諸問題之服從亥氏指揮，猶如兵士之聽主將號令。而波爾則一若專於理論行伍間擾亂秩序者。此則由於想像力精微之故。彼所批評諸語常似不關當時所論之點，而顯露其思考法上之量子式斷續過程。會衆中第三主腦係帶刺克。發言甚鮮，即使發言，亦晦奧似度辭。其評語常含不隨和之幽默意味。當其願言時，人屏息而聽。聽得者或隱如神諭，徒使知識方面受威嚇之人噤若寒蟬，不能讚一詞。蓋帶氏直類與另一世界談話，而該世界內物理學原則乃較吾人所在

之世界內爲明晰。按彼之評語而論，則他人在物理學原則上所爭執者，有時竟若初學游泳者，在驚濤中手足亂揮之狀之入於岸上善游者之目也。

布羅赤 (F. Bloch) 能操數國語言，暢談論物理學若干問題。有時會衆請彼解釋他人所研究之問題，則以其說明轉較發見人爲佳也。會期完畢，或殿以遊藝。某次特做歌德 (Goethe) 「浮士德」 ("Faust") 而演之。物理學家集其藝術才能，通力合作表演，乃能使觀衆永不忘。彼等因襲歌氏歌調，爲量子論之諸矛盾點，發爲哀曲。由克綸尼克夫人 (Fran Kronig) 度曲，而亥森柏格奏樂爲伴。每當提及一新矛盾點，克女士輒於歌喉內雜一飲泣聲。克刺麥斯 (Kramers) 等亦獻技娛客。克氏摹倣浮士德靈魂內爭搏狀。表演深刻，觀衆稱快。

哥城量子論精神，除以物理學爲對象外，更含修養之長。波爾生於最文明城市中，名門之內。父爲哥本哈根大學生理學教授，母則系出阿德勒 (Adlers) 一門國際間著名大族也。兄名哈刺爾德 (波爾 (Harald Bohr)，充哥城算學教授。其算學造詣聞名於世。波爾自謂入中校時，便初嗜物理學，蓋受乃父薰陶之力特多。升學後，得克立斯騰森教授 (Prof. C. Christensen) 指導。克富天才與

創造力，爲波所欽佩。波氏初次舉行之重要實驗乃水面張力問題。用顫動水柱以研究其理論與實際雙方。累力爵士曾謂水柱之振動宜以最合測定表面張力之需。用水柱之表面隨水噴出而繼續更換新部份，水面不停滯，可免使依據靜液面計算之方法失其精確性。波氏改良累氏與皮得森 (Pedersen) 之算法。卽在其父之實驗室中舉行實驗。其時哥城科學院 (Academy of Sciences) 正懸賞徵文。波氏卽以此而動。及揭曉，其論文果得獎。其文後刊於一九〇八年倫敦王家學會會錄 (Transactions of the Royal Society of London)。波氏生於一八八五年。至一九〇八年，方二十三歲，已大露其理論與實驗之才。卽因研究與累力所研究同一派別之問題而顯。近年累力已著之大名日隆一日，以視同在維多利亞時代若干大物理學家之際遇，可謂有幸有不幸。二十世紀將以十九世紀所授予克爾文爵士者，而授予累力。前在第一章敘述中子之發見時，已說明波爾之能推得電子與中子間相互作用甚稀少者，乃利用若干公式，與累力研究光之散布程度時所用者相類似。波爾著爲累力派物理學論文後，又注意於電子理論，欲以解釋金屬之性質。一九一一年秋，赴英，在劍橋卡芬狄士實驗所，研究當日正在進行中諸實驗問題。同時自行攻究本人之理論問題。

一九一二年春，入曼徹斯特刺得福德實驗所供職。隨即在該大學授課。彼加入時，正科學史上最光明時期之一。刺氏甫證明原子核之存在。原子核含原子之主要質量，緊縮於極小空間，僅居全原子極小部份。此發見影響絕大，因使原子構造概念極端簡單化也。從茲不必再視原子爲複雜不可捉摸之三度立體而可代以一種間架式結構，由若干小點遙遙相連而成。似此已較舊說進逼第一步。與原子相較，電子與核固可視爲空間小點，而不至大失精確。故刺氏之核型裨益於吾人夢想者至大。至於此等小點統系即所謂原子，如何聯繫，而呈現原子之各種著名化學性與體性，波氏以爲刺氏之原子型令人回憶古昔哲學家之問題，即欲歸結自然定律之解說於純粹數字中。前途似有無限希望。惟波氏於其法拉第學說演講詞（Faraday Lecture）中，曾謂於此原子型諸可能性中，但經初步審察，即顯現其不能按已知物理學定律而有作爲。此型不能具有原子所特有之穩定性，因既已按照熟習物體之運動之力學定律而相連結矣。氫與其他元素之原子之化學異常穩固。地球各處所來之氫之化學皆絕對相同。然則原子狀況逐漸改變之說爲不可信。原子之構造不能緩慢受損益，如太陽系之受隕星之撞擊，與遠星之攪擾，而緩行改變。若原子內之電子與質子，舉動與太陽

系內之行星與太陽同，則宇宙內每一氫原子之改造程度將不同，而氫之化性之恆一性亦將不可解。又受激原子所吐之光之本性，亦不能藉造成原子之電子點與質子點之相對位置之變化之逐漸說，以解釋之。原子在光之表示上，範圍甚狹小，祇吐不數種有限波長之光，即不同色之光而已。此與熟習物體之運動定律控制下，任何質點系之振動不相容。此等質點系應吐各色光，視改造或擾動狀態而定。假若有含一質子與一電子之氫原子，依從地球與太陰間相互旋轉定律之相似定律而行動，則質子與電子可相隔任何遠，可按任何頻率而振動，終則可吐任何色之光。原子行爲之最嚴限制，乃證明有若干選擇力甚強之原理，管束成分電子與質子之運動。在狀態上，絕無無限變異性。若成分質子與電子間之相對運動常在變異中，即使原子之大小常繼續在廣限之內增減，則所謂固體性將無可想像。物質將失其最實在屬性之一，即固體性。自物質之最普通性質而言，原子必極穩定，且祇能在狹窄範圍以內變化。

然則對於原子內部行爲，必須改換完全新解說方可。原子內部運動，必與熟習物體之運動，分隸兩派定律之下。波氏之想像天才促其見及甚深。蓋蒲郎克因研討輻射事實之理論方面，而想出

光與輻射物之射出之力學，正足以解釋原子內質子與電子之運動也。波氏思有以假定原子之變化祇限於少數種類。若原子內之變化祇能按有限定之量而發生，則此結論便可成立。所謂按定量而發生者，即謂任何時期原子內作用之量乃限於某定量，而非限於某某二極端間之某一量。波爾知蒲郎克之作用量子 (quantum of action) 觀念可供中心原則用。遂思得公準一條，以為原子狀態上任何明白變化可當作元始過程。其中原子自一狀態完全變作別一狀態。此變化至驟。一瞬前，原子猶在某態；一瞬後，突易他態。然在每一態下，原子絕對不變，絕對穩定。自然界物質之穩定性即賴穩定原子之穩定性，又賴此等狀態間之變換上之有限可能性。後者乃因此等變換須按一定量作用之有限若干小倍數而行也。

自然現象之最驚人點乃在其簡單性。大宇宙之現象何故須為人所能解？任何現象何須再逢？宇宙原則何不隨時間而變？宇宙間無限物體間之性質具有極惹人注意之大規則，乃極可怪。事實昭示吾人，謂可能性之受限制，乃自然現象之一基本特色。原子性一觀念淪浹物質存在之可能性，亦滲透物質變化之可能性。作用之原子或量子較物質之最後原子，尤為富於基本性。

波爾認爲原子之穩定性與限制性，與變化量子之存在，雙方相關，遂大有貢獻於物質宇宙之新概念之構成。彼解釋作用量子之存在上之物質哲學含意。而其前輩曾持此觀念以爲物理問題之妙鑰，而不合之於彼等對物質之性質與變化之性質所取概念之內。蒲郎克與愛因斯坦在自然哲學上，不在物理學上，固未及波爾之富創作力也。

波氏第一條公準屬於哲學性。彼用以完成最艱鉅思想工作，即改換人類對自然現象所持之一般概念。彼自物質世界之連續觀破入斷續觀，即量子觀，爲改造哲學概念之主要主動人。蒲郎克以物理學工作爲特著。彼發見作用量子之存在。當今（一九三二年）公認爲前輩理論物理學家。惟彼未盡自然哲學家工作，未建量子論爲當時物質世界概念之基礎，雖蒲郎克在物質世界一般概念外，不失爲一量子論家，至波爾則係一量子論家，因量子概念除在外界宇宙中之外，更在其思想過程中也。此乃波氏所用以解釋現象之自然方法也。嚮使波氏生於一八六三年頃，恐不過一著名物理學家而已。良以彼時物理學家尙未鑽及量子之深，而天才量子思想家無從得用武之地耳。即使波氏在物理學上造就不及其在哲學上所成爲尤大，其在物理學上造就亦自燦爛足述。

試觀其構成第二條量子公準所收實際效果，可以知之。此公準謂原子之能，由吐出或吸收輻射物或光，以減增。此輻射物或光常有一定波長或色彩。此波長或色即與吐出或吸入之能量有簡單關係。有此簡單方式，則光譜上複雜至幾無從敘述之問題皆迎刃而解。彷彿發見埃及象形文字之南針，而全文可讀。自從物理學家研究光譜數十年來除蒐積材料外，無多大成績。實驗家舉行試驗何止數十萬次，曾測定各種環境下，各種原子所吐出之輻射物之波長，至精且確。得此知識後，於光譜分析上，大獲辨別能力，可判斷宇宙各處，各種境況下，各種物質與各種原子，皆認明無誤。至於輻射物何以各呈特別有色之光以爲標幟，尙不得其解。波爾發爲原子行爲之量子論，極著功效。隨之收穫甚速。不數年之久，波氏一派已解決原子行爲中若干景象，爲其概念所能施及者。並遇若干困難點，爲此等概念所不能超越之界限。波爾原子仍有多種視覺性質。觀察人雖不能想到原子如何能忽改狀態，使某一瞬間某一處某一電子，於次一瞬間突然遷往遠處，然仍能想像其固定時所取任何狀態。在此等狀態下猶如一系互相遶轉之物體，如太陽系內太陽與行星。吾人於波爾原子之形狀，可摹想得知其一部分；但於其變化時之機械作用，則無由。

一九一三年，波爾首唱新原子型。其後十二年間，增修改良，不計其數，卒使量子型變為神通至廣大之構造物。每一熱心研究之士自行加以零件，便於執行彼心目中所需要之特殊動作，於是漸感是等概念必須經過自然修改，與波爾初創公準時同其精神，而更澈底。此則有待於亥森柏格。亥氏製為一種計算方法，以敘說原子之可觀察屬性，而不假設任何可摹想之內部機械構造。帶刺克亦同道而馳。其大無畏精神且更甚。彼所持自然心理學適合於此種見地之用。而一九二五年科學界環境更準備齊全，聽彼發揮絕大知力也。

一九二四年，得布洛格力對於波氏原子論上困難點，助以一臂解決之力。彼已提出電子與其他質點或可有雙重性質，又可同時於若干景象上作波狀行為，於其他景象上作質點狀行為。此項提示頗機敏，在科學史上所居地位，與蒲郎克所舉作用量子存在說所佔者，正同類。此為最高物理學天才所創製，但不與一般自然哲學概念密切相關。波爾始決然思從自然界之最深原則以想像物質宇宙。波氏之高才同事亥森柏格與帶刺克，與校中其他聰明學者，亦與有助力。

亥森柏格決定藉可觀察之事件以敘述現象，完全不假定對象內有任何觀察不到之結構，遂

成立所謂測不準原理，聞名一時。彼謂原子變化若祇能按原子程度之小量而發生，則最後質點之狀態便無從精密測定。電子在運動與位置上所生變化，祇能從觀察儀器內所接收光線或同量之能上以測定之。光線之能之大小，與所觀察之電子之能，同一程度。故用光線以映照原子，原子即被擾。至其不受擾之狀態，則終無從確切觀察得之。試以探燈之光射至遠山坡上一石，而石可見。因以光線施於石上之壓力以測定一柱光之能，所得之值甚小，可略去不計也。光投至石上，並不推石離其原位。至於原子世界內情形便不同。實驗家以光射至光路中所阻隔之電子上，便予該電子以頗重之騷擾與推動。欲製精確原子探燈光柱為不可能。吾人對於空間與時間所得之概念，乃從經驗而來，則原子世界內之人物對於二者所得概念，不能與吾人用以敘述檯球與行星之行爲者相同。檯球與行星遇觀察人所用之光，其受影響至小，可棄置不理。而於原子質點則否。從原子現象上所推斷而得之空時概念，與日常大物體間現象上所推得者不同。原子世界中若有生人或生物，則從原子環境所得空時概念，不能應用於彼所視爲龐大異常之檯球，猶吾人從普通物體上之經驗上所得空時意念，不能應用於單獨電子與質子之行爲上也。量子概念之所以難領悟，乃在傳統空時

概念之先入爲主。欲了解宇宙，必承認量子性質之存在，即一切自然現象——連物質在內之——原子本性之存在，照單全收，而不可置疑。此等性質，不能解釋，亦如紅色之存在不能解釋也。吾人一旦接受此等概念，遂覺宇宙較前明白易解。據波爾意見以爲若能根本承受自然現象之量子概念，便是在物理學知識上更迫近客觀化一步。彼謂愛因斯坦相對論之哲學價值，在能清除伽利略（Galileo）與牛頓兩氏之機械定律概念中之主觀成分，爲吾人所不自覺者，至於在自然科學上，則此三人所成就乃屬同類。因愛因斯坦指摘伽利略之運動定律內仍含主觀成分，遂非笑伽氏，此固不智；若因亞里斯多德（Aristotle）之運動定律所帶主觀色彩，視伽氏尤濃，遂非笑亞氏，則不智相等。亞氏所用，不離當日言文與觀念。彼能制成概念，內含主觀假說較少於當時流行一切。此正其洞鑒力卓越處也。波爾以爲凡於其工作基礎上，企圖對於自然現象解作較屬主觀者，皆錯述其本人所持見解者云。蓋彼謂，在物理觀察上，能認識主觀性之要職較前更明晰，即是客觀哲學上一大發見。彼在校工作，專求灌輸客觀性入於現象概念中，多多益善。故謂爲完全與神祕說相反。世人有一種傾向，認爲人類因傳統空時不能確切應用於電子，或將隨意信任一說。此實完全不解波

爾獨有學派之主要貢獻爲何矣。人類知力欲將宇宙形成符合，相容，且有連貫，則此量子論實能滿足此等需要，較一切曾經提出之理論爲優尙，一貫，且完全也。蒲郎克謂量子論之矛盾點僅係視若者，全因人類心智有限制而起。對於特別優異之心靈，便不顯矛盾云。波爾不以爲然。愛因斯坦試證量子現象可解作典型現象之特例。波爾亦不謂然。彼以爲科學家若出此途，便是祇信量子爲人爲工具，而不信其爲物質宇宙間之基本機制。此等科學家雖能按量子而思惟，並不能按量子而感覺。量子論已暴露傳統空時概念中預料不及之主觀成分，卽已納科學於較深客觀性地位。波爾以爲人類將永按典型力學以思考並分析此世界。因典型力學乃用常識敘述現象，而加以精練者也。典型力學家所用思考方法，自係從某種大小之物體之世界中，適於生活之某某大小程度之動物，經觀念學 (ideology) 演進而來。人心非自單獨量子環境中演化而來，乃自蠅，樹，石等與人身大小程度相類似之物中演化而來。宜其不能摹想量子也。

在普通環境下，測量方法與所測對象間之干涉與衝突，常小至完全可忽略不計。因此演成準確測量一意念。人類用以敘述現象至確切程度者，將永不離典型力學與典型時空意念。蓋欲對科

學問題，答覆不留疑義，惟有此等技術可賴耳。但欲言出而毫無疑義，須償相當代價，即須不顧過於微小之物。若欲言之完全準確，則不能不常帶些微疑義。

然波爾並不認量子現象之疑點，與人類自由意志間，有任何必要關聯。此則大堪注意者也。波氏信生命問題或竟在吾人以外。機械係死物，因吾人了解之。吾人假若了解自身，則對自身便呈現死狀。惟分析至最後，仍不能明瞭身體內每一原子如何行動而無疑義，則因量子爲之限制也。波氏謂科學觀念之能迎合大衆者，最難者竟常勝最易者。若科學家解明質量，相對運動與量子三觀念內之困難點，使普通讀者能認清此數普通意念內之疑點重要至何程度，則吾人對於更困難問題，持論與立說將謙遜多矣。波氏批評亥森柏格之測不準原理，謂其並非暗示與一切自然現象說明背後之因果理想相諄而獨自歧出。質言之，量子變化中，能常住定律仍堅持不敗。此即因果性堅持不墮之一最顯例。尤其若當吾人憶及動能概念，乃從一幅不適用於量子現象上之空時界內運動圖畫上，所推斷而得時，其例更著。

量子現象可否說明，此一疑義並非人類思想史上新遇之一種疑義。例如對樂音之諧和，得一

知覺，即屬此類。在某一長度以下，則諧和之長度與聽者之知覺不能並存。蓋純音 (notes) 太少，便無諧和存在。又溫度之典型定義上亦有之。所謂溫度乃視衆多質點之平均情形而定。質點減少，而定義自失其準確性。及質點減至一粒，而定義完全失據。溫度定義既留有疑點，則宇宙溫度普遍降低之相反過程不爲不可能。宇宙物質羣趨齊一溫度一事，在物性上並非絕對必須。溫度有平齊傾向。此中含義並非即謂宇宙非衰落不可。乃謂吾人研究宇宙萬物之溫度，固無從預期宇宙有倒行或逆流——如螺旋彈簧之弛而復纏緊——之可能耳。假使若有逆流，亦須賴熱以外之其他性質之事件爲之也。

曼徹斯特大學之物理學實驗室，在一九一四年，當稱非常奇特場所。實驗派中主要創造性原子物理學家，與理論派中創造性原子物理學家，皆同在彼治事。此外尚有研究家五六輩，設遷地於任何其他環境，皆足以拔尊者。至一九一六年，丹麥人始認識國內最大在世偉人之天才。乃於哥本哈根大學特闢講座，以延聘之。一九二〇年，丹麥人募捐，設立理論物理學院，專備波爾入內研究。尋又有美國洛克斐勒 (Rockefeller) 基金會資助是院，而院務得以擴充。著名卡爾斯柏 (Carls-

Perle) 陳麥酒廠累年頗多盈餘。亦組爲卡爾斯柏基金會，專助丹麥科學與文化之進展，收效甚多。計卡氏基金會除供給實驗室屋宇，實驗費用等外，更爲丹國一時第一碩彥特營榮譽住宅。波爾年四十七，卽繼哲學家霍夫丁 (Hoffding)，而佔居此宅。吾人深願波氏精神能繼續導率並激勵自然哲學也。

第二章 蘇俄物理學

一

蘇俄現正舉行極優良物理學實驗工作。前已述及列寧格勒干卯對放射性所擬之理論解說。曼得爾士塔姆 (Mandelstamm) 另行發見所謂刺曼 (Raman) 效應之若干現象。前有斯美卡爾 (Smekal) 因研討量子論而推出此現象之存在。曼氏固預知有此，乃蓄意訪察之。刺曼全憑實驗觀察而發見此效應，遂竭力擴張且深入探抉其對科學世界之重要。功績甚偉。蘇俄實驗室已起而努力，從物理學上查察膾炙人口中之核絲裂殖射線 (mitogenetic rays) 之性質。先是谷爾維士 (Gurvitsch) 謂某數種動物與某數種植物生長時，其細胞各裂為二新細胞，並吐出射線。彼自信已證明胡葱根細胞分裂時吐出射線，能促進附近處另一胡葱根內之細胞之分裂速度。彼更謂此等射線必與莖外線相似，因其過玻璃片時被截留，遇石英片時則貫穿也。谷氏初發表其結論後，人

多疑之。谷氏之發見此等射線，乃憑其生物學效應而知之；見其他生物，如植物根與釀母之細胞之分裂與生長之激進而知之。物理學家遇有不能用物理學方法以發見之物理動作份子，如射線，則不能信其存在。惟近來物理學儀器製造愈精，其感覺愈靈敏，則一旦果能製成一種特別新器，足以測探絲殖射線，正意中事耳。此姑設此等射線確實存在而立言也。越飛教授（Professor Joffe）與其他蘇俄物理學家攷究此問題，欲製成此項儀器。彼等設計製一特種蓋革計數器（Geiger counter）能記錄器內一粒電子之發現，並點出粒粒電子隨生之總數。蓋革計數器之靈敏度若與最精細化學分析法之靈敏度相頡頏，則後者遠遜，因化學法不能驗出含有一萬萬萬原子以下之物質也。蓋革計數器之裨益物理學家，遠非任何化學儀器可及。此器或已足與谷氏所用以探察絲殖射線之胡葱根與釀母，同其靈敏度矣。生物學上最細微變化亦涉及衆多分子。今電子小於分子多多，而蓋革計數器能驗出之。則若絲殖射線真存在者，或未始不可藉其器以發見之。至於絲殖射線能感動活生物，而反不能影響舊式物理記錄器，並無足怪。化學物質，如生活素，刺戟素與酵母，雖極少量已足使生物起重大變化。故從生物學方面驗其存在與否，或可較其他需要多數分子成羣

方有效之方法，爲靈敏也。谷氏曾用生物學方法以檢驗此等射線之光譜。先培植釀母。使於滋長中產生射線。引導射線經一分光鏡。遂能測定射線之波長。所用透鏡係石英迴旋稜鏡，使射線折成角，與波長或光色相適合。並於平常着目之一端，不着目亦不置照像乾片，而置釀母調製品；數其細胞分裂之率，藉知射線存在於此分光鏡之目鏡一端。若分光鏡上望遠鏡之某一特殊角度增大甚明確，則知有一束相當波長之絲殖射線存在。谷氏置釀母於分光鏡之記錄器前，以代照像乾片。由科學界觀之，視爲怪法。頗多實驗家倣行其法，竟無所得。谷氏以爲其所量得之射線之波長，屬於莖外線，約當可見光之波長之半。

蘇俄物理學家之研究本問題，乃從石英汞燈所發與此相似波長之莖外線上入手，先研究此等射線之性質。彼等逐漸減低燈光之強度，卒至原值之十萬萬分之一，不能感及照像乾片爲止。光強雖改變不少，顧莖外線所生生物學效應竟不變，與谷氏自稱絲殖射線所生結果，大不相同。於是添用蓋革計數器，乃法蘭克福 (Frankfurt) 地方刺葉夫斯基 (Rajovsky) 獨出心裁所製成。蓋革記數器能記錄單獨質點之效應，故較照像乾片靈敏多多。此器係一真空盛器，前裝石英窗，內懸

一鉑線與一鋁片，相距二十五分之一吋。使莖外線透過石英窗，落至鋁片上，遂有電子自片吐出。若於鋁片與鉑線中間空隙，加以四百伏電場，則在隙際吐出之電子皆加增能量而向前射去。此等加速電子向前進時，釋放四圍稀疏空氣中衆多電子，遂使盛器積得比較大電荷。吾人可利用之以執掌無線電揚聲器。蓋鋁片遇莖外線而吐出電子時，每一粒能使揚聲器作啞嗒聲一次。故聽發聲之頻率，即知電子吐出之多少，亦即知莖外線撞擊鋁片時之強度。

至於活細胞之吐出莖外線，可置活組織於石英窗前，而驗視之。試用胡葱根，釀母與蛙之心臟等物內之細胞驗之，揚聲器內啞嗒聲之頻率增高百分之二十至七十，甚爲確定。試通電流以激動蛙之筋肉而使收縮，則啞嗒聲加速。若係秋季蛙之強筋肉，則增百分之二百三十；若係春季蛙之衰弱細胞，則僅增百分之六十。從筋肉所吐射線之波長上，果得證明谷比結論。若用照像法，則此等莖外線之發射竟一無所見。

蘇俄研究家對於化學反應內射線之發射問題，廣事研究，成績極佳。惟彼等不欲遽定此等考驗爲專屬生物學者，或僅關生物之物理性質者。此實彼等工作態度上甚堪欽佩之一點也。越飛教

授關心此項考察工作，謂爲在方法論 (methodology) 上有重大價值。彼曾評論生物學與物理學間之關係尙未明定。如電流與神經通報相關，如心臟等筋肉之收縮引起電效應，此等已經研究有成績。又如心臟引起電流可用一種儀器謂之心搏電描圖 (electro-cardiograph) 者，以測量之。此已成治療心臟病之甚要方法。肺結核與他病可用莖外線映射皮膚以治之。此則司空見慣矣。惟莖外線究竟若何影響於受治者之細胞，則尙在不可知之列。又筋肉與神經若何產出此等重要且能啓人智之電流，亦與前者同一不明。物理動力與生物細胞間之密切反應機制，爲今後所必須撤究以求設解者。此而不獲明解，則物理學與生物學間之關聯將永相遠隔。越飛教授以爲吾人對於莖外線與正在生長或活動中之細胞間之相互作用，研究入細，便能大有助於聯併物理學與生物學，而達到方法論目的，又能破除傳統成見，不再專限物理研討於向來慣認對象，如金屬或結晶之性質上，亦不再限生物研討於向來慣認景象，如生物之形狀，演化史與生殖系等上。蘇俄研究家既擺脫此等狹窄成見，遂不難征服心靈成見，進而探討純粹化學反應，欲求發見此等反應能否發出射線，而與正在分裂中之細胞所發射者相似。彼等卒發見多種化學反應發出微弱莖外線，與細胞

所發者相似。

越飛教授謂谷氏所發見絲殖射線乃二千至二千四百單位波長莖外線，至於可見光之波長約得五千單位。在氧化與葡萄糖 (glucose) 反應上，細胞起化學反應，即生此等射線。其強度約當普通汞燈之莖外線之一萬萬萬分之一。此等射線對於細胞生命有種種影響，如促其生長，甚或引起突變，歸入新種。越氏信謂此等研究另有價值，在能減少生機派哲學之吸引。此派正賴生物過程內藏本性中之曖昧點而盛行。又能破除生物特有現象上不充實機械理論。

蘇俄在絲殖射線方面所研究得之結果尙未博全世界承認。惟倫敦王家學會會長，著名生物學家，亦即生活素發見人，霍布金可勳爵 (Sir Frederick Hopkins) 於一九二二年會中，言及前一年中頗多研究家從研討上已得暗示，以爲生物組織所起化學反應，實與輻射過程相借云。彼謂此等現象或與衆多非生物化學反應中所見之光有關，甚至與若干種動物之發光器所發光，及發光微生物所發光，有關。彼又引學者所持理由曰，筋肉強直後，或受激後，發出特別輻射物之光譜，與磷酸肌酸酐 (creatine phosphate) 崩解時所產生者相同；而此化學反應固活動筋肉中所有

者也。彼信若干活細胞之吐出射線爲已經證實之事實，惟尙不能斷定此現象究有重要基本關係否，甚至尙不敢言此等射線是否爲一切生物所具有。

二

蘇俄所舉行特殊探究工作，如發見新射線，如用新理論以解釋現象等，就本身而論，與他國研究機關所作物理研究，並無種別上不同，獨於社會情形上，則特異。他國研究院內之研究員自爲一羣，卽自成社會上一階級；蘇俄研究院之組織與風氣則多與此迥異。蘇俄科學工作之有此氣象，可謂最始創者。試觀卡科夫（Kharkov）之精良理工學院（Physico Technical Institute），可得一例（見圖板五）。此院設自一九三〇年，係全國發展大計畫中科學工作之部所包羅若干物理研究院之一。十年以前，全國僅設重要物理研究院二所。當全國文教革新聲中，欲廣布科學知識於民衆，專賴此區區二院以訓練物理學人材，實嫌不敷。欲多設有用新研究院，又須先養成一隊未來指導家。於是特營一大規模物理研究院，集中全國能者，積極訓練之。是卽列寧格勒理工學院，由越飛長之。不數年間，竟養成二百物理研究家，各司有用工作。有此中心，足以供給各省新院所需人員。由是

而研討精神可散布全國。如卡科夫所設之理工學院可作烏克蘭 (Ukraine) 省之中樞。卡城設此一院，其影響所及遠不止本城而已。卡城養成合格人員，遣至聶拍拍特洛夫斯克 (Dnieperpetro-
vsk)，設立新實驗所，果著成效。若無卡城學院在先，恐難勸物理學家，向荒無文化建設之聶地，前往開發也。科學家常須受同行中人之言談激勸；若孤守一隅，無人知其苦心，則易墮其志。聶卡兩地相距不遠。火車六小時可達。（蘇俄幅員遼闊，故俄人視六小時火車行程，猶英人視一小時行程耳。）故卡城學院設立後，遂有物理學家肯往聶地，主持新理工學院。

卡科夫理工研究院有各級人員二三百名。其中約五十名為合格專門物理學家，約二十名為研究生。授課並無一定統系，惟治學自合乎理論。此院隸 N. I. S. 即重工業人民委員會之科學研究股 (Scientific Research Sector of the People's Commissariat of Heavy Industry)。此委員會中之科學股歸布哈林 (N. Bukharin) 指導。聶地研究院係附屬性質，規模祇及卡院之半，乃與其他三四同性質之物理研究院共合為一組。此數院分設蘇俄各中心點，皆隸 N. I. S. 之下。此等實驗所附於重要工業，而不附於大學與學術機關，頗堪注意。因此不無影響於研究院之風尚，與

所選問題之性質。

院長係來判斯啓博士(Dr. Leipunsky)，乃共產黨員。其餘五十名專門學者中，亦約有六名共產黨員。至衆多工匠中，則更多。

院分數部。各工廠自爲一部。此與他國習慣大不相同。他國實驗所內，工廠不能與其所聯之部享同等獨立也。在西歐實驗所，工廠祇作研究室之廝役，不作同僚計也。院內共有十部。今已嫌尾大不掉。將來須重分。將來擬籌設新物理研究院，作爲較小單位。卡科夫研究院之所以特大者，原於最初政策蓋欲集中訓練大量物理學人員也。其後合格人員日增，皆足獨當一面，指導各院，當然不必再設少數大規模多分部之研究院，而宜設多數小規模獨立研究院。院中主要分部有專究高電壓，低溫度， α 射線，磁性，光電池，固體，電工與物理理論者，另有一部，專司行政與會計。對於研究院之生命上，其重要遠過西歐研究院內之行政部與會計部也。

工廠三三相聚，一木工廠，一金工廠，一吹玻璃廠，每三廠受制於一管理員。其職位與各部主任平齊。木、金二廠各有一工頭；玻璃廠則有二名。任何研究室中，有一物理學者欲用一特別吹成玻璃

管時，則先以書面致玻璃廠。惟須送交工廠總理。總理重繕原書之義，估計約需幾何時間可吹成，署名，然後授於該廠工頭。如是可免研究員之瀆請，與工廠之紊亂。各工人工作量之多少得以調勻。故行來大致合宜。蘇俄重勞工，故實驗工廠之地位頗崇高。大衆視工人之社會地位，高於研究家之社會地位。惟工人之生活狀況仍不出研究家之上，且常在其下。蘇俄缺少製造科學儀器工廠，遂造成實驗所附屬工廠之重要。最難造之儀器，不造則已，造則必就此。卡科夫研究院中各研究部與工廠間之關係，乃似英國實驗所如王家研究院 (Royal Institution) 之與儀器製造廠如喜爾革公司 (Adam Hilger Ltd.) 間之關係，特具體而微。喜爾革公司之職員非但異常老練，且學識豐富。其應召往計劃新儀器時，皆受平等待遇，視爲同事人員，而不視爲工役。蘇俄實驗所工廠經理之權頗似高等儀器製造廠廠主或經理。工廠內再分數處，分司裝設電線、電器、鉛管等。金屬工廠共用十四人，玻璃工廠則雇有吹手十名。

蘇俄實驗所種種特色中，最屬獨創者，爲預籌將來研究計劃。各部須預定一年中工作方針之概況，自一月一日起，迄十二月三十一日止。又須預定一季中工作方針之細目，甚至一日工作之計

畫。研究員一經擇定某項工作，必嚴守不渝。若中途改換題目，須經院中大多數部分討論通過。每一月許，研究員須自行估計約已完成全工作之若干成數。其數常在八九成。研究員估計時，異常誠實。有此預籌辦法，遂使工作進行有序。每當預計時間已過去四分之三時，工作常落後甚遠。於是，在末四分之一時間內，加緊力追。故幾乎總可完成甚高百分數。有時且超過預定分量。例如預定一九三二年一月一日製成液態氦，然期前一月即已製成。此係德籍青年低溫物理學家馬丁博士 (Dr. Martin) 與魯希曼博士 (Dr. Barbara Ruhemann) 所為。先是一九三二年，卡院決聘外籍專家，助其研討液態氦問題，即選定司徒嘉德 (Stuttgart) 大學亞發爾特教授 (Prof. Ewald) 之同事魯希曼。魯氏初在柏林波登斯泰因學院 (Bodenstein) 低溫實驗室，助西門教授 (Prof. Simon) 專攻低溫問題。西門旋赴北勒斯勞 (Breslau)。魯氏一家以德國不景氣，樂於遷往卡科夫，生活與前程皆較優也。彼等製造液態氦，熟如例行，大著成績。又定為大規模研究計畫，關於氣體之比熱，與低溫下物質之光譜與磁性。

院中各部與工業信託組合立約，供給有工業價值之科學底料。如底溫一部與工業信託組合

所定約，今日已達十萬盧布之鉅。此款可供添購器物及擴充院務之需。

工業研究工作之分布，乃由 N. I. S. 所定。工業信託組合與工廠提出問題，通知莫斯科重工業委員會科學股，由其指派，某處某院應研究某問題。

每一部或一研究室內之工作人員皆組成一隊，常開會討論部內工作，全院事務，以至一切可想及之問題。對於本隊與全院經費與需要問題，討論尤熱烈。遇有隊員正在為本隊工作計畫努力前進時，更竭盡援助。至於隊員個人之慾望，則鮮顧及。凡隊員為大衆幸福而奮鬥者，同人盡量資助之；若謀實現私人利益者，幾無人表同情。總之，個人服從社會之精神至為發達。依個人而論，院中無一人足以稱雄；惟個人為社會福利而求實現其目的者，自能受人欽敬。蘇俄內個人榮譽與社會理想相結合，到處可見。以上即其說明也。

每隊除記錄科學工作外，尚須記錄經濟狀況。每有一問題待決時，即發給支票一冊，專備本問題上撥用。故每件工作需款幾何，一查便明。關於本問題上，每筆費用皆須憑支票簿。迨知其實際費用後，乃持與該隊或該部之原估計案相較。實費永不得超過預算。

各部互相買賣，並按期清算帳款。

工作人員各有規定薪額，但所領工資支票仍按工作小時數開給。例如吹玻璃者吹慢，則增多有關係工作之代價，而其緩慢則一觀支票金額便知之。

似此計劃與記錄辦法嚴密，需人孔多，故行政部極爲重要。以與西歐實驗所中同一部相較，當知此方行政部長之重要爲何如矣。此人約居第三總指導之位。由會計員八名，收付員一人，及錄事若干人輔之。此總務指導督察簿記，並掌管原料庫，又兼理院區以內人員住宿事宜。宿舍包羅四大所。總務指導即督察此數舍之設備，並照料之。凡煖氣，電燈煤氣，水，電與修理事務，皆由彼負責，而由隨身工役若干名助理之。故頗與牛津或劍橋大學內一專門學院內之庶務主任相似。至於向外國購原料與儀器，則另歸一專員審核。但目前向外國購儀器甚少。每次定購數百鎊者便視爲嚴重問題，常須經莫斯科數大委員會討論，方得批准。此與數年前辦法恰相反。當實驗所新建立時，曾大購外國儀器也。

部中分隊，大小不一。卡院中，低溫與高電壓兩研究隊人數特多，並有專門工廠。

以上種種多承魯希曼博士概述。魯氏頗樂於供職該院中。據彼經歷得來，祇須善意執守院法，持之以恆，則凡所需各物幾無不可以致。其間祇有時間問題而已。又個人生活儘可不拘。此尤為可羨。研究員隨時作輟。有晏至午後二時始治事，則繼續埋首至次日上午首數小時。有習於白晝工作，罕見夜起者。又因宿舍即在院址以內，研究員可隨意往來，不拘次數。

現在研討中之問題頗多甚饒興趣者。普立綽替科夫人 (Mme. Prichotjiko) 方研究固體薄片之吸收光譜，成績斐然。十年以前，奧布賴摩甫博士 (Dr. Obreimov) 卽已念及此問題。惟彼時蘇俄境內尚無適當實驗所可任此項工作。本問題之目的係專究有機化合物，如苯 (benzene)，萘 (naphthalene) 與蒽 (anthracene) 等，在固態時對光譜之影響。奧氏並不甚注意吸收線之統系性質，如確切位置等；乃特重視其奇特現象，思有以說明之。斷線究係何物？線有各種寬度，究何義？精細結構究何義？關於固體之光譜，若能發見新解說，則將影響於物質結構觀念，甚或可從此發見新研究技術。奧氏以為目前一輩物理學家應專事訪求新研究法。彼信卡匹雜，塞門諾甫 (Semenov)，拆尼拆甫 (Chernichev) 與其他將近四十歲之物理學家與化學物理學家，將來在新技術

方面所發見，且遠過若輩在新奇事實上所發見。彼等用新法再發見新結果，而此等新結果或反不及所用新法入人更深也。至此輩之繼起人方將實施此等新科學方法於各方也。試徹究固體在各種環境下所呈光譜之特點，不拘一格，並用新配景法，與今日通用者不同，則可進一步，或竟發見光譜學新方法。彼謂欲於科學上有新發見，最難情形仍繫於不肯破除傳統思想。當科克克洛夫特與窩爾吞藉電以使原子蛻變時，甚驚其電壓之低，祇及預計五分之一或十分之一而已。卡院理論部蘭道 (Landau) 曾說明，在甚低電壓下，竟可使原子蛻變。其電壓之低，低至驚人程度。惜實驗室狃於傳統思想，不為新計算所動，不肯嘗試與成見相背之辦法。故科窩二氏之實驗本早已可在世界各處若干實驗所內舉行，然遲至若干年後，始有人膽敢破除傳統成見，不復固持以為質點至少須在一百萬伏電壓下運行，始能使原子蛻變耳。

欲得蔥與萘之吸收光譜，須先切出極薄結晶片或單晶層，不逾百萬分之一糵厚，且為人目所不能見。此等結晶自行昇華，故必置於極低溫度下。蔥層尚可存留數日，萘層則數秒內便昇華而去。須藏萘層於蔥蒸氣中。至於結晶之取向 (orientation)，則由 X 射線與光學測量法雙方測定。

之。其光譜乃得自連續光譜之光，暴露約十分至半小時之久。波長自 3060 至 1200 單位。視結晶層排列方向，而得各種不同吸收光譜。氫與有機化合物在固液氣三態下所生光譜，在性質上有相似點，有相異點。此為探究家所欲探究之中心問題。又切薄片須手極輕巧。此則普立綽替科夫人所特擅。

在高電壓部中，實驗正在進行，需用多種儀器。森涅爾尼科甫 (Senelnikov) 與其同事做科窩 二氏方法，再用高速電子使鋰原子蛻變。又有人突然扭動電鍵，改並聯容電器為串聯，因得高壓放電，九十萬伏與十安，歷時一千萬分之一秒。又用郎革管 (Lange tube) 通電，則電流沿管壁而過，發生效應，產出高速質子。

理論部內之研究家有蘭道與洛森刻維赤 (Rosenkevitch) 等。蘭氏除任本院研究工作外，兼為卡科夫工學院 (Khar'kov Technological Institute) 改訂算理物理學課程。正在設計從新觀點發揮本課程內正當內容，而掃除其中歷來相傳無關實際之方法與問題。今日論者以為普通教算理物理學皆病太守舊傳統，多好重舉舊理論，成為學術界陋習，初不問新理論之已能解釋

較爲淺明活躍也。

斯特勒爾尼科甫(Strelnikov)改良其迴旋式冷水周流對陰極(anticathode) X射線管，已告成。此管能生極強 X射線，貫穿甚厚鋼板與其他密物質。此等射線既極強，故可利用以照取 X射線像，極其迅速。再略加改進，將可製出 X射線影戲。祇須 X射線強度及格，可利用以連續照取快像即得。若能從影片窺出金屬或其他物受應力時，結晶構造上之變化，其趣味必至濃深。此項 X射線影戲機當然可應用於生物學上。此爲人人所易於想到。設以此表現筋肉收縮時分子結構上之變化，將大有益於教學。倫敦王家研究院穆勒博士(Dr. Muller)曾研究一難題，欲製一迴旋式對陰極 X射線管。普通管因對陰極對於熱有阻礙，故其 X射線之強度乃爲所限。所謂對陰極，係一金屬體。有陰極射線或電子撞擊於其上時，即生 X射線。若電子流連續不斷轟擊對陰極之某一點，則不久對陰極即達熔點。故用迴旋式，使對陰極常易一低溫新部分，以接受電子流，遂不致使某一部分被灼至過熱。惟欲製此式管，在機械工程方面頗有困難。須使金屬對陰極運行極平正，庶幾 X射線雖每一霎時更換一新出發點，而永向某一固定方向射去。欲於管內裝一疾轉重大物體，同時復維

持管內高度真空，此信非易事也。

此引人注意之研究院中最特異點，乃在全體研究人員之年富力強。蓋五十名研究員中，竟無一人年逾四十。祇四五人逾三十而已。此輩青年熱心之士協力執行新制，以組織科學考察團，並以早歲而接受良機與重任。此不獨應為各方面所屬目，且其昭示吾人以組織文化事業之正當方法，更應為吾人重視。辦理文化事業，在現代生活上，日見其為主要問題之一也。

三

一九三一年，卡科夫新設算學力學研究院 (Institute of Mathematics and Mechanics) 內有講室，大講臺與圖書室，皆極完美。將來擬增設算學儀器實驗室。本院規模大於英國一切算學研究院。院長為奧耳羅甫 (M. Орлов)，以發表整數方程式之近似數值解法，又研究航空力學與算理物理學中其他與此相關之問題而得名。年三十三，隸共產黨。

院中算學研究部設計宏遠，最為特色。分六門或六股，包括代數中之實數函數，與複虛數函數，函數論，算理物理學，力學，幾何，或然率理論。各股先定一九三二年工作計劃，並預籌次年進行方針，

爲本院對蘇聯第二五年計劃之總貢獻之一部分。實函數一股由著名算學家柏因士泰因 (Bornstein) 領導。柏氏今年五十二歲，在蘇聯研究院中已爲特別高齡。柏氏有同事一人，亦飽學研究家。另率助手五名，皆研究生，稱爲志願候補員 (aspirants)。蓋謂期得與博士同等學位者也。柏氏規定一九三二年須研究函數近似值，與正交多項式 (orthogonal polynomials) 等。院中又有一高年講師，名晉索甫 (Zinacov)，壽已六十五。奧耳羅甫自長算理物理學股。本股一九三二年計劃包括飛機之動力穩度微分方程式，與礮術，彈程學等理論。在第二五年計劃上，已提出若干研究題，如非直線微分方程式與積分方程式，微分方程式與積分方程式之圖解法，柏塞爾 (Bessel) 氏函數與橢圓積分，與算學儀器。此一九三二年計劃至十一月已完成百分之七十五。預期年底可全部告成。指導員自擇研究題，編入計劃書內。本院側重工業上所用算學理論，卽如飛機設計上所用者等。研究員甚重視理論方面之興趣，不使偏重實用算理興趣而不偏重理論算理興趣之問題，佔據院中工作之大部分。

一九三二年中院中有高級講師九人，初級講師九人，志願候補員三十六人。一九三一年，其數各

爲五、九與十八。高級講師兼在卡科夫工業研究院授課。曾資送合格工程師十二名，至算學研究院從事研究。一經工業信託組合聘用，即受該信託組合之酬金。故院中按年可得二萬盧布。至於院中開支每年須十五萬盧布。（按額面計算，合一萬五千鎊。）

有半工半學者，工作時在製造廠內，或司工程職務。有電機工程師一名上午在某電廠供職，下午返院研究。

奧耳羅甫外，尚有共產黨員九人。在職青年候補員內，亦有十一名青年共產黨員，即黨中二十五歲以下少年組織中之份子。

有時某一工業信託組合對於某一問題特感興趣，輒派一職員入院專究之。

四

欲研究抗熱物之性質並實行製造之，須應用物理學知識甚多。卡科夫新設矽酸鹽研究院（Silicate Institute），專備研究黏土、陶器、火磚、水泥等。自從重工業發展以來，如鎔鐵等皆亟需爐內襯裏等物。故此等防火物料正待大加改良。惟蘇俄製防火物所用之便利原料，與美國及他國所

用者不盡相同。俄人認爲必須考究本國原料如何方可製出防火物，與他國所製成者同一合用，甚或較佳。矽酸鹽研究院之建築與設備均極佳。見者多稱爲宏壯。走廊與各室皆寬敞。此則蘇俄大多數新建築物所同具之長。蘇俄以枳爲長度單位，而不用碼。故每一單位長度多出三吋。累積若干枳後，其超出之量便自可觀。又英人慣用呎處，俄建築家每好代以半枳。

牆色幾盡係灰白，表面常帶粗糙，髹漆多用淡灰。窗具雙層，以禦俄境祁寒。各室內皆備足暖氣。遊其地者，見屋宇寬大，色彩樸質，暖氣融和，輒以爲樂。

院中工作約有百分之七十五屬於研究性。全院人員近二百名。內八十名有充分科學資格。院分二大部，一爲抗熱與抗酸部，一爲水泥部。

縱觀各部，可知設備皆最新式。例如電爐一項即極完善。有獨出心裁特製之式，乃燃原油者，暢用無阻。至其燃法，視若甚簡便，祇導油，點點滴入爐底，而油自燃。又有實驗室數處，陳設碾機多種，以備碾製粉狀原料。有一專室，其中用各法檢驗土粒大小，如察其在液體中墜落速度等。有用汞閉閉節速器 (Mercury cut-out governors) 之自動司熱電爐；有完美地質組，陳列並檢驗各種原料；

有大化學實驗室數處，供一般分析之用；有優良圖書館，館員能操英語；館中儲藏英、美兩國主要雜誌。有一大廳，可供集會，內陳透光像片，即照像陽片，皆示院內設備與工作，映以燈光，供人觀覽。除研究性實驗室外，復正在添設一大工廠實驗室，庶可完全按工業上所需之大小規模，而試驗各種過程也。

計研究所得結果產物，有鍊鋼明爐用石墨磚，含七成氧化鋁 (alumina) 防火磚（比普通三成）與鼓風爐用焦煤球等。

院中研究機會多而且易。若人員才力足與相副，則當能完成許多有用工作也。

第四章 恆星與宇宙

厄丁吞動爵 (Sir Arthur Eddington) 與機安斯動爵 (Sir James Jeans) 善運生花之筆，以詮釋近來天文與物理學上所研得衆多有趣理論，遂使大衆皆知注意。傑出科學家雖負文名，善於詮釋，然在未會完成初期創造工作以前，多不嚴格以詮釋工作爲己任。鑽研二十年後，或稍休憩，方省察自身與他人究已發見何物。方在創造研究之重要時期內，不容對已所發見者表示驚奇，亦不容假優美文字以表白其所獲知識。蓋此等動機無發作之可能也。研究家正在發見宇宙新事物時，情緒熱烈至極，實無可分心也。某著名算學家曾擬研究家之銳意進行爲虎之嗜血。一旦嘗得新知識之味，爲前人所未經，遂覺他物皆不足介意，而一心一意再求多窺破，此乍現一面之疑團。最初數次研討中，科學家常呈直前目標，不知轉折，惟知注目於結果上，而不取驗於相關之訊息。其所用政治法嚴限於事實。及進行較遠，而政治法亦較完滿。自信心既強，乃能暢發議論。於是自科學家

漸變爲自然哲學家（祇須心性合於最高級。）越十五或二十年而成熟。當三十五至四十五歲間，遇有事實發現，善用技巧以處置之，亦善運想像力以解釋之。雙方最能持平。四十五以後，研究事業之技術方面視前稍鬆懈，而想像力有增。故理論解說漸不如前之嚴守事實。及至老年，此等傾向或更發展，終則對於事實隨意思維，而動輒出之以理想，蓋已融入臆測矣。故厄丁吞與機安斯二人之主要創作時期若已逝者，亦正無足怪。厄氏仍繼續發表創作論文多篇，惟其中臆度成分增多，機安斯則已不如前之勇於發表創作論文。英人中繼二人而起者，爲米倫教授（Prof. E. A. Milne），年未滿四十，尙未以詮釋爲己任。迄今猶未著專書一冊，僅於高深雜誌中發表論文多篇。米氏猶在主要創作時期。其工作皆嚴密，顧到詳細事實，故言論方面不免失其雅麗。欲常顧及笨滯不便處置之相關事實，則言辭必多阻輟，每不能兼顧論辯文章之圓轉。

米氏對於宇宙膨脹之新理論，曾有貢獻，頗足惹人注意。天文家研究星雲光譜，推斷遙遠星雲正在背離太陽系而退卻。物體退卻時，其所發射之波，由固定觀察者察之，波長乃呈較大值。例如特快火車駛去時，其汽笛聲卽如此。設有人立站橋上，聽車來笛聲之音調，高於車去笛聲之音調。進站

時音調突降，若猛獅攫獸，先銳鳴，及攫取後，滿意而沈吟。以光易音波，則其效應爲色彩之加深，猶音調之減低也。向後退之紅光，由固定觀察者視之，乃較靜止不退時爲更紅。光行極速，每秒十八萬六千哩。故光源必退卻甚速，然後其紅色之加深方可辨。至少須較槍彈快若干倍，方生此效。吾人已知某一種原子，例如氫原子，靜止時所發射之光有一定色彩。故見其色傾向紅，則知原子背吾人去；傾向藍，則知向吾人來。遙遠星雲所發之光，即其內含原子所發射之光，經吾人查察，即示吾人以是等星雲正離吾人而去。愈遠者所呈色變愈強，則其退卻亦愈快。

質言之，遠星雲之退卻速率乃與距離成比例。有若干近星雲乃趨向太陽系而來。但以宇宙之大，吾人不必遠出幾何，已達外部空間，即退卻星雲所佔之域。天文家察得此情甚可驚人。其予吾人以暗示，第一即謂地球或太陽系爲宇宙之中心；天空所有物環列空中，而吾人乃居天空之一特優位置。若天文家未因歷來經驗而對宇宙人類中心觀懷疑者，則此種阿諛結論將使人類大快。天文家慮及似此察得之地球之特殊位置殆必幻妄。夫里德曼 (Friedman) 與勒美脫爾 (Lemaître) 首爲設解，頗能引人入勝。今略舉其觀念如次。宇宙中物體如恆星與星雲，皆有相對運動，可視爲運

行於空間。吾人每念及運動，輒指爲發生於某一已知空間內，而從不問擁有該若干動體之空間本身作何行爲。吾人向以爲空間已有固定位置。今試設想空間自身亦起變化，則宇宙內物體如恆星與星雲之運動，皆將由兩因子混合制定。第一因子卽任何物體，對其他恆星與星雲之位置，而顯出之通常運動。第二因子則空間自身脹縮，而加於物體上之運動。假若空間不脹縮，則此第二因子當爲零，而恆星所有唯一運動僅彼此間相對運動而已。此第二因子假若存在，自必影響及於一切物體。

據觀察得知，對遠星雲而論，共有運動因子遠較相對運動因子爲大。運動程度之大小僅與距離成比例。凡同距離之遠星雲之運動，觀之盡相等，而各個體之相對運動反比較藐小，儘可不計。故就遠星雲論，公共運動因子較相對運動因子重要不可以道里計。易言之，吾人觀察所得此等遠星雲行爲所受同一因子之影響，遠過所受單獨環境之影響。彼等所共有之一物卽包擁彼等之空間。然則彼等之公共運動獨非由於包擁彼等之空間所賦予乎？吾人察得星雲退卻，將不爲察得星雲單獨運行，而爲察得空間膨脹。星雲將如動船上之燈，對船言，雖靜止，實則隨船而描出航線也。星雲

將充作空間之膨脹之誌號，乃固着於空間本身上，賴為參考點，以表現空間若何行動。故察得星雲退卻，祇示吾人以空間之行爲，而不及星雲之行爲。假若空間在膨脹中，則遠物之退卻速度，將與遠物之距離成比例。試舉肥皂泡之膨脹行爲以說明之。

如圖一八示一正在膨脹中之肥皂泡。泡上有 E, N_1, N_2 三點，其 $E N_1$ 弧等於 $N_1 N_2$ 弧。待泡之直徑增至二倍時，三點將取 E_1, N_1', N_2' 位置。同時 E 與 N_1 間之弧長，與 E 與 N_2 間之弧長，亦皆將增至二倍。即 $E_1 N_1'$ 為 $E N_1$ 之二倍， $E_1 N_2'$ 為 $E N_2$ 之二倍；而 $E N_2'$ 本為 $E N_1$ 之二倍，於是 $E_1 N_1'$ 為 $E N_1$ 之四

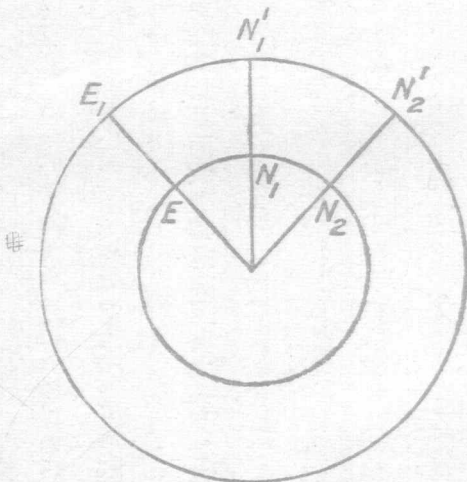


圖 18.

倍。即 Z_1 沿泡面退離 Δ 點較 Z_2 快二倍。由此得通則，謂正在膨脹中之球面上一點 Z 離一點 Δ 而退卻時，其速度乃與 Z 與 Δ 間之距離成比例。若距離爲二倍，速度亦爲二倍。餘可類推。今以 Δ 表地球， Z_1 表一遠星雲， Z_2 表另一遠星雲，較第一遠二倍。則設宇宙開始膨脹，遠二倍之星雲退卻時亦將快二倍。

如宇宙果在膨脹中，則吾人得以說明星雲按距離爲比例，而改變其退卻速度之一種行爲。至於宇宙爲何膨脹？按相對論，空間性質乃依賴空間內容物。恆星與星雲方傾出其輻射物，成光與其他以太波狀。若空間不膨脹，則此等輻射似將推翻天體過程之穩定性。苟空間膨脹者，則雖有輻射，似亦不足搗亂也。此其效應乃由輻射物如光等向其所觸之物體上施以壓力。凡被照明之物體，皆被照來之光所推壓。此先經馬克思維耳用理論推得，復經勒柏得甫 (L. Labodew) 用實驗證明。故勒美脫耳謂宇宙變遷之連續性，顯然可以觀察；惟必持其存在，須先承認宇宙在膨脹中。苟無輻射，自無膨脹。但滿貯輻射物之宇宙，祇須待輻射物能自變爲物質時，立即膨脹。物質構成以後，又遇引力所生各錯綜。惟此項膨脹完全賴物質引力相抵銷處之輻射壓力而成。勒美脫耳稱此等處爲中

立帶。輻射物凝固成物質，並不直接影響於宇宙之穩度。惟既有稠密部分發生，必於中立帶引起稀疏部分，而減少該處壓力，終乃促成膨脹行爲。當一團擴散原始氣體結出星雲時，或原始氣體構成恆星再緊縮成羣而爲星雲時，皆可促起膨脹作用。厄丁吞探得宇宙膨脹之起源乃在電子本身之性質。厄氏曾發表計算法，提示電子之質量乃與宇宙之大小，及宇宙內所含電子之數相關。即等於宇宙內電子數之平方根，被宇宙之半徑所除。宇宙內所含電子數約十之七十九次冪，即 10^{79} 。而宇宙之原半徑得十萬七千萬光年。厄氏會由其公式算得物體退卻速度爲每百萬大帕 (megaparsec) 即百萬視差秒，每秒 528 杆。至觀察所得數則在 430 與 550 之間。最遠星雲每秒退卻一萬五千杆，即當光速二十分之一。觀察與計算所得退卻速度既如是之高，將謂宇宙年齡不得超過一百萬萬年，因吾人可逆算至宇宙始行膨脹之時也。今日流行之恆星進化說則謂宇宙之年齡大於此數凡千倍，又據地質學推測，則視此數略小。反人類中心派則不信地球居天體中年長者之列。按空間膨脹理論，宇宙年齡較短，遂發生若干嚴重困難點。吾人所假定者有可疑處，則計算時理論上遂難自圓。愛因斯坦與得息忒 (de Sitter) 曾歸結謂從理論方面計算，以空間爲收縮，正與以空間

爲膨脹者，同一合理。因所用代數法並不明示如何可規定宇宙運動數量之符號也。勒美脫耳從觀察所得之宇宙內物質之密度上，算出任何一般緊縮過程不能有數千萬萬年以上歷史。因提出一種所謂煙火理論（'fireworks' theory），以解說進化。彼以爲進化史最後二十萬萬年，即地球生物史之大部分，乃一遲緩進化時期，設謂宇宙歷來演進皆與目前等速，則宇宙之年齡便嫌過大。故今日宇宙內物體乃甚神速。甚燦爛之煙火之餘燼與煙耳。勒氏信以爲宇宙射線可示吾人以此中線索。彼謂宇宙中所有宇宙射線含有之能，可與物質與恆星內所藏閉之總能，相比擬。前者或及物質之總能量百分之一，或較多。似此結論至足驚人。宇宙射線須經極巧妙技術方可發見。此等射線果至強烈，則亦必至希罕。今乃謂其含有能量足與物質內所封鎖者相比擬，此誠出人意料之外。試論地球。每一原子乃一包已凝結之能。祇須一噸原子能，便足駛大汽船渡大西洋。假使吾人變地球全質量爲能，則取其一噸，亦足完成等鉅工作。再取地球物質內所封鎖之大量能，與星光內之能相比較，試於黑夜中燃一燭，而星之微光已被掩。至宇宙射線達到地面時，尙弱於星光十倍，然則宇宙間所有宇宙射線之能，豈足與數萬萬萬宇宙烽燧，即恆星之能，並物質內錮成爲質量之總能，相比

擬者？空間既如此空洞，空間之空洞洞處既如此其大，則假若物質所有總能平均分布其中，亦必甚稀疏。宇宙射線果具宇宙性者，乃無處不在者，且應在空間無物質部分幾乎每一點處，保持其同一強度。故全宇宙內，此稀薄輻射物之能之總和，仍達一甚大量。勒氏更謂宇宙射線原有總能量或較今日爲大。此按射線產生於空間未開始膨脹以前而言，因其後射線所佔空間繼續膨脹，總能量乃依比例而減小。彼謂宇宙射線之遠行空間，歷時或竟久於已知最古光線一百倍。所謂已知最古光線於一萬萬年前離最遠星雲，今日自顯於最強天文望遠鏡之照像片上。可與宇宙射線之能相比擬者，惟有恆星能一種。則恆星應爲宇宙射線之生母矣。今日恆星外籠罩氣層，不容宇宙射線貫穿。據此則當產生射線時，恆星恐尙未成今日狀態也。射線必生於恆星尙未有氣層之前。恆星初生，便應原無氣層。因此勒氏斷定恆星生於一百萬萬年前。生時原無氣層。又宇宙射線爲恆星構成中之一主要特徵。勒氏又進爲其他測度，皆甚可驚。宇宙始創說即大規模原子物理學。此大規模既屬在空間與時間上者，則又何獨不可在原子量上乎？當鐳原子蛻變時，發出一種貫穿性射線，似弱宇宙射線，稱 γ 射線。然則宇宙射線得非超原子 (super-atom) 蛻變時所遺乎？所謂超原子或竟係大

如地球或恆星之放射性原子。鈾原子爲最大已知原子。然欲聚成針尖大，仍需數萬萬萬原子。機安斯曾設爲放射性原子較大於鈾原子，藉以解說星體之能之來源。然此等原子持與一橙比較，仍小至幾無限；持與一恆星比較，更小至幾無限。勒氏勇於臆想，其算學探討既深，乃得隨心揣測，非常人所及。彼視恆星爲此類放射性超原子之後裔。超原子蛻變時，發出大陣質點與波狀輻射物，爲宇宙射線之一組織成分。勒氏連其彙舌，形容宇宙線，謂有久經空間向吾人而來之一原子，在構造恆星時其原始煙火燃發，遂得見瞬息閃光云。宇宙射線之能雖高，惟恐終不若此種超原子激變時所產生者之高。宇宙射線之頻率（以及於能）既隨空間之膨脹而按比例增加，則其原有能應較高。故現存宇宙射線之能或祇得原能二十分之一。近來更有續究宇宙射線者，亦更增勒氏理論之趣味。此等射線若係昔日從一蛻變性超原子發出，則按假定而論，應與電子陣與氦核陣共相伍。似鋪所生 γ 射線即如此。又彼等或另與質量較大電荷較多之新射線爲伍。勒氏算出顆粒射線中質點之動量，因空間膨脹而減。其比約與宇宙射線中之光單位所減相等。吾人愈究宇宙射線，愈能發見其除含波狀輻射物以外，並擁有質點，或則純含顆粒狀輻射物而成。近來既已發見中子與正子，正足

提醒吾人以更有他數種輻射物存在之可能。今日已證實宇宙射線中至少有百分之五十係正子。按勒氏理論，宇宙之年齡不必長於地球十倍以上。最初宇宙乃緊縮成一超原子。彼時宇宙全體並不大於今日地球，或即使較地球大，亦未及太陽。此超原子蛻變時，拋出質點與輻射物，使空間膨脹。越一百萬萬年，而脹至今日之大小。此元始原子所炸出碎屑有較重者，足以阻止附近質點與渣滓之逃散。再經引力作用，遂結成普通恆星或星簇。至於飄散質點，電子與吾人所知簡單原子，則逸入空間，成氣體。再經機安斯所探究之引力緊縮過程，而成星雲。此理論有賴於原子結構知識之引伸。吾人須先發見緊擠電子變為極大原子量之新原子之方法。普通原子如鐵原子等，內藏空隙甚多。吾人須設想新原子內藏空隙甚少者，並證明此等原子確能存在。

似此概念即視宇宙自一不較地球為大之緊縮物體展放而成者。在生物學上有可言者。種子或卵生長而成植物或動物，其體增大不知幾許。是與勒氏之宇宙展放概念相類似。

以上所舉即創為宇宙膨脹理論者之一人之觀念之撮要也。米倫另提他說，以解釋遠星雲之退卻時，所以均勻，且速度成比例。彼自純粹典型派觀念出發。甚至不假定空間係彎曲者，而於宇宙

膨脹說之驚人之點，儘能擯棄。其所須者仍不外舊傳歐幾里得派固定空間，如學校課本所述，日常生活所遇。假定此熟識無限固定歐派空間最初係完全空洞，僅餘一甚小球狀處，假定所有恆星與星雲皆藏此處而隨意亂動，其相對運動之速度則自零起至極大限即光之速度止，有向心而去者，有離心而出者。經過相當時間後，近表面之向外運動之星將穿過球面，而漫遊入於空間。至於向心運動之星將更迫近球心，再過若干時，此等星竟達球心，更穿心而過，又向球之彼方表面而行，亦成爲向外運動之星。待至稍久，則所有諸星皆將越入空間而去。其最初出發時速度最高者，至此亦行至最遠。最遠物體將退卻最速。且其速度將與距離成比例，因星所經過之距離本與速度成比例也。此固觀察得來遠星雲之情形也。故執擴散一簡單事例，便可解釋星雲迅速退卻一奇特事實，蓋與真空器內氣泡擴散相類似。泡內運行最速之分子透至真空器內最遠處。故初時距原泡最遠之分子，將退卻最速。即使空間原非空空洞洞一無所有者，此說猶能成立。祇須最初時物體分布不均勻，便足產生此現象。惟仍須假以充分時間與空間耳。米倫又爲其觀念進而精緻陳說之，乃爲相對論闡出新應用之途。談空間膨脹者不離「宇宙時間」(cosmic time)一概念。然因此而發生一因

難點。米氏則規避之。又擴張相對原理，使原本應用於自然界定律者，應用於宇宙本身內物體上。彼推定不論觀察人處於何位置，祇須除去當地不規則諸點外，則察得宇宙必同一狀態。每一觀察者可於時空原點 (time-space origin) 外，自擇適宜時間軸 (time-axis)，而認定本人所在處為宇宙中心。「於是世界在空間各點上皆為純然自我中心 (egocentric)」。任何觀察人所得之世界之活動圖形，與任何其他觀察人所得者，乃相同。

米倫之恆星組成理論則尤饒興趣。米氏熟諳物理學與天文雙方衆多事實之結合上之算學與論理學，遂已證明各式恆星歸依一種包孕廣博之計畫之內。彼更特別提出暫星 (novae) 之重要工作。即指星體演化中，有若干恆星，先光芒四射，隨即迅速熄滅。彼論暫星體中含一重要成分，即丕勒 (R. H. Fowler) 所最初培植之退化物質理論 (theory of degenerate matter)。退化物質之奇特性質，可據量子論以說明之。最後質點如電子可互相掩疊，而不能同時佔同處，且具同態。此不同態性意謂電子相擠聚時，達某一緊密程度後，便不能再擠。空間一部分既已容納各態電子至飽滿，便不能再容。因除已備各不同態外，更無其他不同新態可存在。而後至電子遂不得其門

而入。普通原子即屬此例。據同態相拒原理，乃空間部分已充滿最多電子。試想有一超原子，並非由大摺普通原子造成，乃由電子與質子列成，為一大單位。其結構乃大體依從不同態原理之作用。此種超原子可以大如恆星。斯托涅 (E. C. Stoner) 曾計算其密度應得幾何。即認定其容積乃與不同態原理上觀察所得之值，亦即電子所需空間之值，相容納之最小值，以計算之。算得密度與恆星質量之平方根成比例。若取質量等於太陽之恆星計之，其數為水之三百八十五萬倍。據否勒解說，空間片段容有最多數電子與質子者，與超原子相擬，乃較與普通物質片段，如地球者相擬，為更近似。此種意念以退化恆星為一原子單位，令人追憶勒美脫爾所創原子宇宙說。退化物質極密。其中電子擠列之緊湊程度，即按同態互拒性所許可為限。此等電子所佔空間僅足供其交換位置與狀態。此外不能再有他作為，亦無地可與外界動力份子相交。因此演成甚怪異結果。退化物質雖極密，但極透明。所有內含電子團擠極緊，不能與射過光線或輻射線發生作用。遂使光線或射線極易透過。電子假若與射線發生相互作用，則其狀態將變。但據假定而言，所有可能狀態，早被本區域內電子所佔有矣。退化物質內之光與熱迅速即行漏出。試想普通恆星若遇此情形當如何？恆星密

度常幾近或小於水。故星體乃以氣態爲主者。此氣態結構一部分受內部強烈輻射壓力之維持，氣
界外層又受熱中心所發強烈輻射光柱之維持。輻射壓力漸衰減，終至不能再維持恆星之通常氣
態結構。輻射壓力退減較引力壓力爲速，而引力壓力會助成恆星中心一小部分退化物質。待此退
化中心成立後，將有何新發展？退化物質既係透明，遂容輻射物突然冒出。此輻射物遇較外氣層，受
較大阻力，而發生猛烈壓力，摧去外罩，露出一團火燄，成一球狀，自行膨脹。此時燦爛物質突然伸展，
且內部物質陷入退化中心。引力召起聚縮過程，因而遂釋出能。兩者皆增加恆星之光度。恆星之光
度以前或呈現甚微弱，至此乃增強，望之顯然。此恆星已成爲暫星矣。同時因輻射方面之損失，更足
減弱恆星內部，而使更多量物質退化。當外部被迫飛離向外而去時，內部則緊縮。此卽米氏之暫星
構成理論也。彼以爲似此爆發成爲暫星，乃每一，或幾乎每一恆星，一生中所遇一大轉變。此乃恆星
共有之一特徵，與暫星輩之發現頻率上之特徵相呼應。銀河局部宇宙中，每年約發見一新暫星；在
其他局部宇宙，如仙女星雲 (*Andromeda nebulae*) 等，則發見較頻數。宇宙之年齡至少已若干
百萬萬年，則宇宙史上所有暫星之數，必與恆星之數同其大小程度。此豈非指示吾人以一切恆星

一生中遲早必經過暫星階段乎？自詳細觀察上所得關於暫星之新知識，竟與米氏理論悉相吻合。殊可驚人。一暫星於十年之內退至約近原來光度。惟自分光鏡驗得其表面反較前大熱。若表面增熱，而發來之光仍舊，則該面必已視前減小，意謂該星已縮緊。據實際觀察所知，恆星一經爆發後，密度可增大一千倍。吾人憑暫星爆發之快度與亮度，可知該星內部經大激變而凝縮之程度與快度之結果與大小。

暫星按時而變。其變可直接察得。故於自然哲學上極關重要。科學家研究十年之久，可以見一暫星經歷衆多情形，並增大其密度一千倍；即親見一星在進化過程中經行。吾人從其他恆星上，雖亦可得強有力進化證據，惟不若是直接。吾人可按數千百種恆星之不同性質，列為相連一串，則分明可見恆星正在自一種變作別一種。惜變得太慢，無從直接察出耳。此等變化事實本身並不可見，乃從其結果推論得知。至暫星之變化，則既迅速，又可直接察得。故不獨供人推論之資（不論如何強有力），直可作星體變化一事實之證據也。

自從察得數百千倍重於水，亦即數十百倍重於地球上任何已知物質，之物質構成恆星後，遂

使吾人對於他種密星體之存在，特加重視。天狼伴星 (Companion of Sirius) 之故事頗著名。然此故事現仍繼續增長，仍如阿刺伯故事，或中古故事，之在其相當文化之下而增長。科學所談故事乃關於現代文化之荷馬派故事。此故事仍繼續，因產生彼之文化今仍繼續。又不似荷馬所述故事之已述畢，則因現存科學文化過程尙未完畢也。古埃及之歷法與文化即受制於天狼星之升起。今日呼此星曰 Sirius，則循希臘語一七一八年，嚇列 (Haley) 發見重大事實：則天狼星與若干其他主要恆星並非恆守不移。嚇氏持西元前幾三百年替摩卡立斯 (Timocharis) 與阿立斯替拉斯 (Aristyllus)，與再早一百七十年喜帕卡斯 (Hipparchus) 所記此等星之位置，與彼當日所見相比較，因知其在數十世紀內，曾緩緩移動，惟係按秩序而動。嚇氏所記如下：——

「此等恆星在天上最明顯，大約必係離地球最近。彼等若具獨有特殊運動者，應可自其本身上窺出。今歷時一千八百年之久，應已改變位置，令人可以察知。非若一百年之短期中，毫無變動之跡可尋也。」

此在科學史上爲重大發見。以前皆視恆星爲最後依據符號，以爲地球上事象之永久根據。視

人生爲在極多永久不變物前閃灼之藐小物而已。對於外界宇宙既持固定性一概念，則對於變化力自必減少信仰。又除推崇恆常性外，復增強社會反動力。嚇氏破除恆星不動之信仰，乃解放人類精神之一大功勞。從此掃蕩一大傳統守舊思想，而增厚人類對可變性之信心。蓋視若永久不變之恆星亦竟有變，更何待於他物乎？至於恆星運動一事何以必待嚇氏爲之揭露，則氏必於可變性一觀念特別靈敏，乃能從古今記錄之微差上，注意及於其中有變也。同時尙有其他大思想家，如哈維（Harvey）發見心血運動，伽利略發見運動定律，牛頓發明運動微積分法，皆與變化哲學相關。變化現象何以佔據彼等注意中心，蓋因彼等之社會生活乃在變化中也。人類爲生活起見，常治生產問題愈久愈能得心應手。如此浸漬至十六世紀，所得知識已足供推進人類冒險工作。如貧者欲致富，其可能性乃視前突增。於是有可能之機遇家乘時崛起，利用工商與交通上新便利以圖飽私囊。經濟運動與社會運動生出擾動，卽所謂宗教改革（Reformation）。遂使當日最優秀思想家易於感及運動觀念。

自從嚇氏發見恆星運動，遂爲星體宇宙之演化理論張本。此爲宇宙創成理論上，憑觀察得來

最大貢獻。此宇宙創成說在今日已居文明人所必修學識之列矣。人類自天狼星所得教益，固不止於埃及人之能觀星而預防尼羅河漲溢，且依時布種收穫，以維生命，亦不止於嚇氏之受感動，而發見動力宇宙創成理論。天狼爲恆星中最明燦者，大約亦爲最近者之一。其種種特徵已予吾人以甚多教誨，故恐不能再有益人之處。以一身欲其同時兼具近邇與奇僻兩特徵，可謂苛求。蓋通常物之近者不怪，怪者不近。今天狼確已兼之。一八三四年，柏塞爾（Bessel）初疑天狼非惟運行，甚且搖擺。彼發見此星運動以五十年爲週期。又提示謂此星或係雙體，半明半暗，而遠一公共重心旋轉，其速度均一，且遵循力學定律。此與觀察所得結果相吻合。柏塞爾信此現象將啓發吾人對於宇宙結構上之重要知識。彼以爲暫星可以解作一明星與一暗星相互旋繞。又謂泰科（Tycho）所發見暫星視若呈現若干特點，可以解作一明亮物體之逝去與喪失。柏塞爾持其直覺，以爲能解釋天狼星之不規則性，便能多曉宇宙之物理特徵，且可沿用於暫星身上。迨米爾發爲暫星理論，而柏氏直覺乃大增重要。

一八六一年九月，薩福德（Safford）派定天狼星之假設伴侶以一位置。一八六三年一月，克

拉克(Alvan Clark)方檢驗本人工廠所新製大望遠鏡之物鏡，無意中指向天狼，欲察鏡之清晰程度，竟於星之近旁發現一光點，爲前人所未記載。其位置與薩氏所定假設伴侶之位置相近。其實即天狼之伴星。天狼之不規則部分之起因並非全在暗中，乃略微可見。從其運動上，得知其質量幾等於太陽。至於天狼星之質量，則幾二倍半於太陽。伴星光弱，據謂由於溫度甚低，且色彩帶紅之故。

一九一四年，亞當斯(W. S. Adams)發見天狼伴星實乃白色，並非紅色，且確甚明亮。至於前人所以指爲暗淡者，實因其形體藐小耳。既知該星之距離，又從分光鏡上測定其表面亮度，遂已能算出其大小。其直徑約當太陽四十分之一。太陽亦係一恆星。其質量則約與天狼伴星相同。按此度量與質量，算得天狼伴星之密度大於水六萬倍。即每一立方吋約重一噸。當一九一四年，此結論似荒誕。卽至今日，已知最重金屬不過重於水二十倍許而已。一九二四年，厄丁吞說明極密物質並非不可想像，因原子甚多空隙，遇適宜情形，未嘗不可縮小也。按刺得福德原子型而論，甚小核外遙遠以電子環，所讓出空隙遠大過所存實體。假若電子外環可一部或完全撤除，則原子將減小，不可以道里計；在恆星中心，溫度與壓力均高，原子互撞甚猛，足以彼此擊落外繞電子環。原子既縮小，

應可構成超密物質。故在理論上，超密恆星可以存在。而天狼伴星極高密度之說亦不爲妄矣。

厄丁吞等謂另用完全獨立方法，即依據相對論以觀察，或竟可證實此項爲人所樂聞之解說。光線經過巨大物體旁時，微被拗折，或微受畸變。(Distortion)。此畸變程度乃與質量被星體半徑除得之商成比例。故星體愈密，所生效應亦愈顯。例如光線被天狼伴星所拗折，大於被太陽所拗折三十倍。星光過太陽近旁時，若果有愛氏效應發生，便足爲相對論之主要實驗證明之一。故若能藉此愛氏效應，以測定天狼伴星之高密度，誠爲特饒興趣。厄丁吞算得伴星應能減少旁過之光之速度每秒二十千。接術語言之，光譜中線應向紅方傾移，相當於光速減少每秒二十千之量。此項觀察至感困難，則因天狼星與其伴星太相密邇，其光又強過伴星一萬倍也。一九二五年，亞當斯始戰勝此等困難，測得傾移量爲每秒十九千。竟與厄氏憑理論推得之預測結果不謀而合。較早理論研究家對小白光星如天狼伴星等之內部可能狀態，以爲原子之剝落或退化致成極密物質，乃因極高溫度之破壞力所致。對於白色侏儒星體，認爲極熱；其中心溫度，謂爲高至數萬萬或數十萬萬度。其後研究家一反前說，證明普通溫度觀念至此實失其意義。因一段退化物質，須視爲一單位，而非

一羣零碎質點也。溫度概念係帶統計性，乃從甚多質點之平均行爲上推得，而非應用於一質點者也。故白色侏儒星不必具有極熱中心。米倫算得白色侏儒星中心熱至一千五百萬度爲合理。此遠較普通恆星如太陽之中心溫度爲低。退化物質之透明性縱熱四散，而使均勻分布於整個星體。白色侏儒表面溫度甚高，乃因接近最熱物質之故。普通恆星之溫度自外向內逐增。故表面雖較涼，中心或仍極熱，則以表面離心甚遠也。白色侏儒之比較爲冷之退化物質幾外移至表面。白色侏儒表面上有薄氣層作覆被用。米倫謂其功用等於熱水櫃外之保溫石棉層。氣層不甚易縱輻射物出外，乃能保熱。氣態物質與退化物質間性質甚異。已足使退化狀態居一新物理狀態之列。水有三態：冰、水與蒸汽，米倫以爲退化狀態乃第四態，與固、液、氣三者並列，亦視溫度與壓力爲依歸。彼制爲理論，謂恆星在構造上係兩態物質所成可能形狀。中心在退化狀態，較外層則在氣態。試想像有一球體，內係水，而外圍氣層，卽與此星之例相類似。至於液態中心與氣態外層孰大孰小，則視溫度與壓力之情形而變。米倫察得此種兩態物質恆星可有若干大小範圍，與性質界限。在每一範圍之一部分內，有若干可能性乃重疊發現。在某種情形之下，其決定某一恆星應隸屬某一範圍內之因子，變爲

不定。此時恆星竟可從一範圍跳動至另一範圍。天空中有所謂仙王座跳動星(Cepheid pulsating stars)，其光甚強，惟按時起脈動，至有規則，如時鐘然。米倫即據上說以解釋之。大約此說爲最能道破此等恆星之作爲。所謂氣態與退化物質理論，對於暫星，白色侏儒星體與仙王座跳動星，說來甚爲動聽。又行星星雲亦可包括在內，因此輩大約原係大暫星，及經爆發，排出充分氣體，構成隨從球狀星雲後，遂成此狀。米倫對於空間遍布之稀薄原子，即所謂宇宙雲，即解作暫星氣體爆發後所產物。彼於雙星，作暫星理論，饒有趣味。尤以關於天狼爲最。彼發見恆星正經過暫星爆發時期中，有時特易由旋動而分裂。恆星之物質與質量大量崩潰，成爲中心體，便推翻轉動慣量 (moment of inertia)。中央部分須旋轉較速，庶可保持角動量。此即可使恆星裂爲二段。且二段不必相似。一段可以含容退化物質爲主，他段則含氣態物質。天狼星成耦，即因此故。蓋昔日母星經過暫星爆發後，旋轉失其穩度，乃生雙體。米倫評曰：此說若確，則柏塞爾當日對於天狼雙星與暫星間關係，所持直覺，亦正確；而其對於天狼現象認爲最足以啓示吾人物理宇宙之結構，所持信仰亦能成立。米氏視宇宙爲一羣恆星，各自因穩定性與衰減光壓，而縮緊成較密星體，同時又藉表面氣層爆發，而產生

一星雲。彼執此與機安斯之見解相對比。蓋機氏乃謂宇宙始自一團漫散星雲，因重力而縮緊，成爲各顆恆星；氣體質點逐漸互相吸引，成爲愈變愈密之衆氣態單位體。

第五章 宇宙射線與正子

新興諸物理學研討問題中，當推宇宙射線之性質爲最饒興趣。此等射線在各國各有異名：如德人呼爲超射線 (ultra-rays)，美人呼爲宇宙射線，英人則呼爲貫穿射線 (penetrating rays)。普通讀者將謂「宇宙射線」一名最有用，因其能示人以其廣大範圍與關係也。惟嚴格繩之，此名殊未盡正確，因此等射線尙未知是否確屬宇宙所有也。據最近探究所得，此等射線幾乎確屬自宇宙起源者。但科學家擇名時，喜擇其不涉及未經完全證實之性質上者。「宇宙」二字爲用已有數年，而後其宇宙本原之確定性始呼聲漸高。若干苛求科學家不欲名過其實，即不欲名中暗示察得事實以外之說詞。今宇宙射線一名詞恐將一成不移，猶如「生活素」(vitamin)，一名詞，大部分經美國人用慣而通行。宇宙射線一名詞具有不凡嗅味，故易得大衆歡心。當日提議用生活素一名時，蓋信此等物質係化學品胺 (amines) 之導體。今日雖明知有數種並非胺，即此名已不能嚴格

道出此等物之性質，無奈沿用已久，竟取代純粹科學名詞「補食因子」(‘accessory food factor’)。此科學名詞能形容此等物質，而於察得性質上毫不溢美。如「強貫穿性輻射物」(‘very penetrating radiation’)「補食因子」等名詞正表現純粹科學家之取捨用心，不取另有其他聯想之名詞，無論形式上如何動人，蓋恐因聯想引起舊情緒，而錯施知力以判斷面前問題也。待吾人已熟諳一現象，且知之已久後，則爲便利計，雖用稍不準確名詞，亦殊無妨。如「生活素」在今日固有用而無害也。

今談宇宙射線，若須自最初出發點始，當推一九〇二年刺得福德與庫克(Cooke)研究所得爲最適宜。該年十二月三十一日，二人向美國物理學會(American Physical Society)演講，會述及早年研究家對宇宙射線所貢獻知識中之最確切者。一九〇〇年，蓋忒爾(Geitel)又同年，威爾遜(C. T. R. Wilson)皆從觀察上研究得極關重要之結論。蓋氏發見閉口盛器置於視若並無放射質處，其中空氣竟亦有確定導電性。威氏則謂彼所察得閉口盛器內空氣之導電性，或係另有外力作用所致。甚至提出由於地球以外之放射質所致。但最先明言空氣中有極善貫穿之輻射

物者，乃刺得福德與庫克。刺氏之發此論直接出乎其誠樸與自信心，爲本人之特徵。刺氏當時方進行探究放射質所吐 γ 射線。此等射線乃波狀輻射物，其貫穿力極強。此輻射物亦猶其他輻射物，能使空氣中各種氣體之原子釋出電子，遂增加閉口盛器內空氣之導電性。是卽此等輻射物存在之記號。惟吾人須先知不受 γ 射線影響之閉器或閉室內氣體之行爲，然後可用上法以研究放射質所吐 γ 射線之性質。故必須設法察知閉器內空氣不遇放射質之 γ 射線時之導電性。刺氏與庫氏察得厚鉛板甚減此導電性。彼等鑄成方鉛板，厚一吋，預備拼成匣狀。取二層圍於閉器外，能減低導電率係數三成。待移去鉛板後，而係數復原。二人於一九〇三年物理學評論 (Physical Review) 上撰文如下：——

「此等結果表明閉器內游離約有三成乃由於極善貫穿之外來輻射物所致。此輻射物似從各方面而來，其量皆相等。大約因實驗室表面受激而起作用所致。若謂因室內有鈾或錳，則殊非是。因移至圖書館內，完全不沾放射質之可能影響時，所得效應仍如是也。」

物理學評論載上文之次面，又有馬克楞南 (McLennan) 與柏耳吞 (Burton) 所記彼等試驗

閉器內氣體導電性之經過。彼等用水層層圍繞於盛器外，因得結論如下：

「斷至目前為止，其效應可解作金屬吐出活潑射氣（emanation），引起游離所生。據探察所得，導電性一部分不能就此說明，必須歸於接受器以外一活潑動力之上。……吾人確知室內通常空氣中有極善貫穿之輻射物，如刺得福德所證爲鈾、錳與鈾與錳激發之放射質所吐者。」

刺與庫二氏，馬與柏二氏皆假定地球表面所以處處有強貫穿性射線，乃因有放射質散布於地球與大氣之原料之內。馬氏特避至安剔釐阿（Ontario）湖上，以遠避陸地物料所發來之射線。一九〇七年，記云鋁器內每秒釋出電子之數，可使減至每立方厘米僅 4.8

此數前輩實驗家皆關心放射質濡染他物之問題。因放射性散布極廣，欲製儀器不含放射質，甚爲困難。此輩從經驗上已知，儀器之金屬材料若稍雜放射質，便生何等效應。又知儀器材料必不可被放射質所濡染。故對於空氣中強貫穿性射線，當然認爲空氣中布有放射質方有之。彼等討論一可能問題：一切物質多少皆帶放射性。叔斯忒（Schuster）已於一九〇三年發表，謂以前所知物

質皆各具若干公有體性，至於諸元素或物質彼此間之差異，僅在此等公有性質之程度上而已。例如一切物質皆有磁性，惟輕重強弱不同耳。固體微帶液性，而液體亦微帶固性。諸如此類。故吾人亦正可期待一切物質皆帶放射性也。早年治此學者多數不顧此說。今日吾人固執此原理以應付諸問題。然在當時實無所用之。據現代物質波動力學理論觀之，多種物質皆有放射性，惟往往甚微弱，非今日已知實驗方法所能偵察。前云鉛屏或水層保護下之閉器內之氣體微起游離作用。彼時人不以為盛器原料與內藏空氣有自動放射作用，乃謂外來放射質混於其中。

彼時人欲證明空氣中有甚善貫穿之輻射物，乃測定此等物授予空氣之導電性。蓋於探究放射性輻射物之性質後，遂有此問題隨生。刺得福德與其他研究家早具此觀念。因若干放射質確發出此等輻射物也，此數研究家既於放射性輻射物上感興趣，遂求證明尙有其他輻射物與此等相似者。彼輩對於強貫穿性輻射物之本性，所持解說，乃以實驗室內見地為見地。蓋以為輻射物之源即在近前，在實驗室內。作實驗時，一種動力之源常居同室之內，或為一試管，或為一燄，或為一磁石。室內實驗家解釋現象時，最易假定一種動力之源即在室內，或與效應相近。早年實驗家之於貫穿

性輻射物所持理論卽如是。此等觀察人並不對空氣導電性之本性感有主要興趣。彼等乃傾注於輻射物，遂謂閉器內游離現象乃由於輻射物。一觀念在某一特殊時期合用者，便可於彼時奏效，而其種種聯想又可限制其應用範圍。似此等例，物理學史上陸續發生。當一九〇二年，論者自強貫穿性射線上聯想至近源，遂假定空氣中強貫穿性射線來自近源。

其他探討人對於所研究問題，又加以另一不同心理環境。彼等留意於輻射物，不若留意於空氣性質與氣象學之甚。此派對於空氣與氣體之導電性與一般性質，特感興趣。蓋忒爾與威爾遜遂屬焉。彼二人以氣體遇電時之行爲爲先決問題。惟欲解釋氣體之電學性質，乃不得不藉重輻射物耳。例如威氏已證明封閉氣體喪失電荷之速度，約與壓力與密度成比例後，無意中提出一種貫穿動力之存在，以解釋閉器內氣體之游離現象，而並不專注於該動力上，則以對於效應更加着重之故也。研究大氣游離卽空氣導電性之學者，不專注於輻射物，故觀察時不見輻射物之存在之特顯證據；遂不曾先他人而表明強貫穿性輻射物之存在。彼等之研究另具一種觀念論傾向，乃在宇宙射線問題另一方面著有效用。

研究大氣性質之人即氣象學家解釋現象時，另取一組一般觀念，與實驗室內研究家所採取者不同。彼等常須顧及整個大氣之性質，以圖解釋大氣現象。大氣呈出電現象，如雷暴即雲與地兩者間交換電荷。地球與空氣間電壓須保持一穩定差較。此須賴一種一般主動份子爲之。氣象學家自然然而想及可以同時作用於整個大氣內之種種動力，於是遂順便藉重遠源，而不賴近源，以解釋現象。

一九〇五年，坎柏爾(Campbell)與伍德(Wood)發表空氣與閉器內他種氣體之游離度之週期性變化，與地面近處電場強度之週期性變化，兩者間似有固定關係。彼等查得游離以上午八時，十時，下午十時及上午一時爲最強，而下午二時及上午四時爲最弱。至於空氣電壓之極大值發現之時刻，大致與前四者相並。極小值發現之時刻最有定，即與後二者幾相吻合。一九〇六年，理查孫提出一說，以爲吾人若假定游離乃由地球以外輻射物所致，則甚易引用氣體導電理論以解釋閉器內游離度之週期性，與地面近處電場強度變化之週期性，兩者間之關係。既知地面近處電場之變化與太陽有關，則閉器內游離之變化或亦如是。故理查孫氏提示能引起游離之輻射物來自太陽。

彼謂此等射線多少被地球外大氣所吸收。故愈離地面遠處，射線愈強。然理氏所根據之效應，後經人證明並非由於宇宙射線，實由於中間氣象現象。一九〇九年，哥刻爾（Gockel）乘氣球至4.5杆高空，隨攜盛器以測驗游離。乃發見游離強度並不按照地面放射質影響所預期之度而減。高至4.5杆，強度反大於在地面上。此項新發見，自刺得福德與馬克楞南以來，推為最要。

一九〇九年，武爾夫（Wulf）首製充分靈敏善感之游離匣或盛器，以備觀察宇宙射線。其器中藏一特製驗電器，有二金屬絲相接觸。予以電荷，使互斥而外張。其距離可從顯微鏡下窺測，便表電荷之大小。待四周空氣發生游離，驗電器失其電荷，而兩絲漸合。按期觀察，可決定靜電計之放電速度。武氏示人以強貫穿性射線，與放射質所發貫穿射線，苟相似者，則按任何射線吸收之通常定律，後者皆不能為空氣吸收。赫斯（Hess）證明一切已知放射性輻射物皆遵守通常定律，故強貫穿輻射物之性質視若不合於放射性來源。

一九一一至一九一四年間，赫斯、武爾夫與科爾赫斯忒（Kolhörster）攜改良儀器，乘氣球上升多次。科氏竟達九杆之高。彼處宇宙射線強於地面上凡七倍。彼等斷為游離強度先逐減，至地面

上一杆左右爲止，隨即逐增。至一杆與二杆間，復等於地面上值。赫氏以爲其實驗結果乃證明游離效應，必由於地球以外所來射線所致，如理查孫所提出。惟當時哥刻爾與武爾夫猶依戀舊說，以爲強貫穿射線應起於放射作用。

一九一〇年，嚇列氏彗星 (Halley's comet) 回至地球相近，遂予觀察家以良機，得趁時解決彗星尾部放射質究竟能否產生貫穿射線效應。地球於彗尾中掠過，則據想像，其大氣未始不可受放射性質點之注射。若干觀察家自信得有此效應之證據。惟此等觀察結果大約由於偶然巧合，或氣象擾動，或儀器震撼所致耳。

又有柏克蘭德 (Birkeland) 與科爾赫斯忒，亦爲提示強貫穿輻射物之本性之先進。柏氏以爲此等射線含有太陽黑點 (sun's spots 或 facula) 所擲出高速電子。科氏則謂射線含有太陽受熱效應而吐出之電子。此等效應即能使熱游子管 (thermionic valve) 之熱金屬絲吐出電子者也。

土壤所吐出電子，在甚多呎高處，可引起游離作用。其效應頗明顯。

歐戰後，物理學研究事業漸恢復原狀，遂又有一度大進步。

一九一四年，密力坎 (Millikan) 已注意及此等射線。惟直至戰後一九二一年與一九二二年，始能充分研究之。彼志在測定各處游離度，如高山上，深湖底與大氣甚高層皆在所測中。其測探高空，則擬用自由氣球，攜帶甚輕自動驗電器。彼特製一儀器，能於飛行中自行繼續記錄放電度，溫度與氣壓。製作絕精巧。全器僅重七兩。器懸於二氣球下。每球脹大時，直徑十八吋。先蓄氣於兩球中，縱之使升。待一球爆裂，他球即充作安全傘之用，使緩緩降落，輕輕觸地。儀器得以無損。所餘第二滿脹氣球臥於地面，引人注意。其所記錄諸結果不致散失無聞。計最大成功為氣球升達 15.5 杆之高，飄至 100 杆之遠。最高處溫度低至攝氏負六十度。上升共費時一百十五分鐘，下降七十六分。即浮騰空際共佔三小時十一分之久。自動記錄驗電器驗得射線強度逐漸加增，直至所達最高度。惟增加度遠較科氏從九杆飛升上所推得者為小。可見射線之貫穿力必遠較以前觀察所示者為大。因九杆至十五杆半間，一大層空氣並不使射線強度減低，如預期之量也。以重量計，大氣十分之九在 15.5 杆以下。故所未測探之層僅佔十分之一。

一九二三年，科氏又進一步。彼試測空氣以外其他物質吸收宇宙射線之速度之確值。前此已經舉行實驗，乃假定射線取鉛直而下，經過大氣層者。所得吸收係數，本以為即係射線之貫穿力之數值。惟此鉛直方向未免太武斷。因射線透過數千厚物質層時，取徑恐不若是簡單也。若物質較密而成層較薄，則射線途徑尚不甚關重要。射線之被吸收與所經過之物質之量成比例。以氣壓計之管驗得與大氣頂等高之空氣柱相當於70呎，或即2呎強之汞柱，又相當於約30呎之水柱。故30呎深之清水層應使已在全大氣層掩蔽下之驗電器，再多受一倍掩蔽。科氏埋游離匣於阿爾卑斯山冰川之冰下，以測冰之吸收效應。又首創沈浸游離匣於柏林附近湖水十二呎深處，以測水之吸收效應。因知每一呎水減低射線強度百分之二十五。據此，則其貫穿力不及本人初數次用氣球推測之值之半，而與密力坎用自由氣球測得之值較相合。彼謂「近來論者愈益傾向於一種見解，以為貫穿性射線之為現象，應起源於宇宙中云。」密力坎與奧替斯 (Otis) 於派克峯 (Pikes Peak) 頂上，測定厚鉛屏之吸收力，而斷定此等射線不為非屬於宇宙者，即為較科氏所發見尤善於貫穿之射線。

其測定水之吸收力者，愈進愈精。密氏與同事沈靜電計於南北美洲雪水瀦成之湖內。因此等湖水最純，不含放射質。至於冰川與岩石每含放射質，足以擾及左近靜電計。一九二五年，密氏測得靜電計在阿拉斯加繆耳 (Muir) 湖水面下十八呎即六十呎起，其電荷便不再呈低減。繆耳湖海拔 3590 呎，即 11800 呎。其後又在三百哩外另一湖內舉行之。此湖海拔僅 2060 呎，即 6700 呎。所得結果亦相似。惟射線似僅能透水五十四呎耳。此六呎之水，論吸收力，乃正相當於 6700 呎至 11800 呎間之空氣層，當密氏正在北美高山湖內探究宇宙線，科氏正在德國測驗此同一問題時，密索甫斯啓 (Myssovsky) 與圖尉姆 (Tuwin) 亦於俄國北境溫涅加湖 (Lake Onega) 內，測定水對宇宙射線之吸收數量，而得並行不悖之結果。密氏繼往南美安第斯山脈 (Andes) 諸湖，如提提卡卡 (Titicaca)，如玻利非亞 (Bolivia) 之密季拉 (Miguilla) 內，皆得符合結果。又於秘魯與勞斯安極立司 (Los Angeles) 間海行中，按時測探海面之吸收狀況，因知強度不隨緯度而變。既於北美，南美與歐洲皆曾觀察一過，遂覺宇宙射線分投地球各處，其強度皆相同。密氏欲於地球上，對太陽與恆星之位置與強度間，察其究竟有無可靠關聯，而不可得。惟彼頗欲以射線之源

歸於空間下層深處，或即漫散物質層，如是可以解釋射線之視若齊一性。宇宙似被宇宙射線所普照。即無光柱與陰影之分也。

密氏除證明射線能透若干呎水層外，復證實其並非均勻，而乃由若干種不同貫穿力之射線所合成，故呈現一光譜。彼按統計法，分析其觀察所得，因斷定若干射線含能，與足以從較簡原子構成氦、鐵等原子所需者，相當。彼論宇宙射線在構成原子上執掌何職，甚得世人注意。

當是時論者多謂強貫穿性射線由光子 (photons) 構成，視爲超等短波輻射物。此蓋由於以前所得經驗而起。以前所謂貫穿射線，向來皆指波狀輻射物，如 X 射線，或放射質所發出 γ 射線等。數耗金屬片已能吸收最速已知電子，則貫穿六十呎水層，即相當於二碼鉛層之行爲，無論如何不得歸功於電子。

衆多工作家仍續行測取吸收常數之確值。一九二八年，士泰因揆 (Steinke) 於東普魯士馬秀立申 (Masurischen) 諸湖中，沈一半噸重儀器，入四十呎深處，仍發見有射線。其所得數量結果與同年密力坎與卡麥倫 (Cameron) 所測定者相符合。累基涅 (Regener) 更大行擴充此種深水

研究工作。一九二一年，彼發表會於君士坦司湖 (Lake Constance) 上，驗得射線竟直透至 236.5 呎即 770 呎深處。至於湖水有一最深部達 820 呎。累氏之儀器含有靜電計金屬絲。每小時由一電燈投其影於照像片上一次。靜電計則連至一鋼製游離室。室之容積 33.5 呎。壁厚一呎。中貯二氧化碳，壓力大至每方吋 20 磅。此氣體之壓力與密度皆大。遂增加堵塞力，亦增加定容積內游離量。此室附着於一浮筒上。浮筒可寄碇於各種深度。其裝置如圖一九所示。

又恐近湖底處水之放射性不與近面處相同，更於室外圍一第二室，直徑 2.5 呎，盛以湖面水。似此所得結果數，與不用保護室所測得者，僅微異。累氏因斷定其觀察不為湖水放射性所矯枉。又謂已自射線中分析出四種成分。其中三種最強即最善貫穿者之相對強度約為 1:6:16。

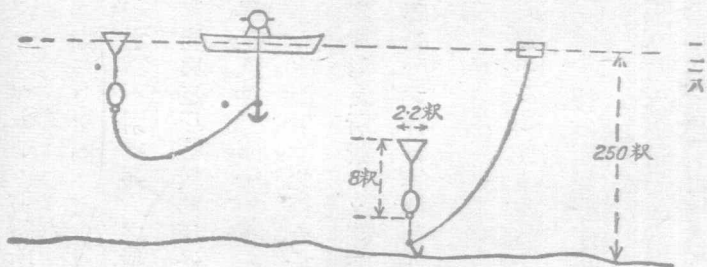


圖 19. (摹累基涅原圖)

累氏用電子計數管助其觀察，得以證實彼從游離室所獲結果。欲偵察宇宙射線之有無，不限於引起周圍氣體游離，而使帶電金屬絲放電。此外尚有他法。一九一六年，赫斯與羅孫 (Lawson) 早已製成一種電力計數器，專備記錄經過游離室之強貫穿性射線之數。若平均射線產生游離量一定不變，則祇須計一已知時間內經過一儀器之射線之數，而不必測定游離量，便足比較射線之相對強度。惟此法初尚不能實行。直至蓋革與米勒創製電子計數管而後能。此管沿長軸附着一金屬線。其電壓經維持於一千伏或以上之高數。當一射線入管，經游離作用而釋出若干電子。電子為電場加速，易於相碰撞，遂釋放更多電子。於是有一可感覺電流自管壁與帶電金屬線間通過。再由熱游子管擴大之，乃能於揚聲器內發為啞嗒聲，而被記錄，或為旋轉計數器所記錄。此蓋，米二氏管能自動計出經過射線之總數。

累氏沈其游離室，連同電子計數管，於君士坦司湖內，測得諸數如下表所列：

(據一九三一年「自然」('Nature'))

深度 (呎)	三次記錄總時間	每小時平均衝(.mp-ulses)數*
0	1 小時	7920
1	$\frac{1}{2}$	5500
3	$\frac{1}{2}$	4840
7	$\frac{1}{2}$	3610
9	1	3350
18	$\frac{1}{2}$	2500
34	3	867
93	$4 \frac{1}{2}$	172.5
133	4	88.5
183	$5 \frac{1}{2}$	52.5
235	28	13

* 由於儀器而起之乘餘衝(residual impulses)數,每小時約 500 次,已減去。

電子計數管所計出之數，與游離室所予之結果相符合。科爾赫斯忒曾發表自鹽礦深處發見宇宙光。其深度相當於800呎之水。此等射線較累氏所見之最強貫穿射線，尤強四倍，至少應含能一千萬萬伏。科氏謂此等射線能保持地球之電荷。地球之電荷現象，前此迄未經解釋圓滿者也。

累氏非獨搜求宇宙射線於深淵，又追踪之至於高空。用二樹膠氣球，挾一自記靜電計，與君士坦司湖上所用同式者，升入空際。每四分鐘爲靜電計位置照一像。又附裝自動溫度計與壓力計。使一無液氣壓計膨脹時，切斷所照取金屬絲之陰影之一端。又使一兩種金屬夾成之條隨氣溫而彎曲。復切斷陰影之又一端。故自影之中心，向上向下，分別量取影之長短，便知氣壓與氣溫。又用纖維糊膜(cellophane)包裹於儀器之外，以防高空低溫太酷烈。多此一套層，便如花房玻璃籠罩太陽射來之熱，不使散去。故雖升至甚高，其溫度從不出攝氏十五度與三十七度間。遂減去溫度相差太遠時發生錯誤之可能。累氏縱其儀器上升，直至氣壓小至 $\frac{1}{10}$ 耗處，即僅得海面正常氣壓三十五分之一。此時儀器已穿過大氣物質層三十五分之三十四。氣壓小至 $\frac{1}{20}$ 耗，相當於高度近27呎，即15哩。累氏察得射線強度之增加度自 $\frac{1}{10}$ 耗以上便急減。故可估計射線甫入大氣層時，應有強度幾何。

據彼所得，其強度乃等於在攝氏零度，正常氣壓下，空氣中，每秒產生 333 對游子。故宇宙射線在太空中，強度大於在地面 250 倍以上。地面每一方糲土，完全空氣柱內，每秒產生游子達 102000000 對。可見宇宙射線之能量甚大，約等於星光。此能量足加高空間冷物體之溫度至絕對零度以上約三度。累氏所驗得諸數爲一九三二年底以前，關於貫穿力與貫穿強度上，所知之極限。次年更上一層。

測定強度，不必便示人以宇宙射線之路徑方向。一九二六年，密索甫斯啓與圖尉姆首先認清氣壓與強度間之關係。彼等於列寧格勒尼瓦河 (Neva) 畔，驗得氣壓高時，射線每較低時爲弱。氣壓計升高時，其上空氣內物質之量較平常爲多，因空氣之壓力較平時爲大，物質之量既加多，遂阻礙射線之通過，因而減低其強度。

一九二三年，科氏與薩力斯 (Von Salis) 往冰川觀察射線之方向，知其在海平面以鉛垂爲主，並包圍於一五十度圓錐內。一九二六年，密索甫斯啓與圖尉姆於列寧格勒工藝院 (Polytechnic at Leningrad) 水塔內，觀測射線之方向，得以斷定射線從天球各方而來，甚爲一律。其所以

近海平面處獨多鉛垂者，乃因斜行射線過空氣層時，取徑較長，多已被吸收。一九三一年，巴耳諾替 (Barnothy) 與福洛 (Forro) 用電子計數管以測定射線之方向，亦證實鉛垂特多。此種計數管方法頗為重要。波退 (Bothe) 與科氏 首先用以探究宇宙射線。至其原理亦殊簡單。

試按圖二〇所示，置二計數器於同一鉛垂線內，一上一下。若有鉛垂宇宙射線為一質點者，則經過一器，亦大概經過他器。而水平射線祇經過其一。又設安排二管於同一水平線內，則水平射線經過一管，亦大概經過他管。波退與科氏於一九二九年，設法用同一影戲軟片，照取兩管所發出同一衝之像，庶可立刻證明有無同時衝也。彼等發見總衝數中有二成係同時者。遂解釋宇宙射線為質點所成，而非射線所成。宇宙射線並非挾有多量能之光子，不與X射線相似。乃與

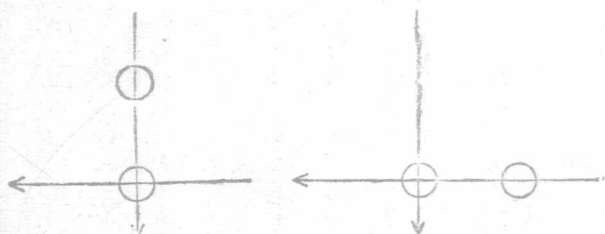


圖 20.

高速電子相似。波動射線使原子游離後，其自身即行告終，而傳授原有之能於其所逐出之電子。故波動射線一引起游離後，便絲毫不再進展，至於質點射線，則一路行去，可以撞擊衆多原子，皆使游離。祇須能多，可以進行甚遠。故一波動射線不能使兩計數器放電，而一質點射線則能之。波，科二人單憑此等實驗，而推斷爲質點射線，其證據猶未爲充足，因波動射線若撞擊電子甚猛烈，亦足予電子以甚高速度也。若是則計數器所示者，非宇宙射線而爲宇宙射線投來後，所引起二次質點射線。圖氏察得鉛垂射線使計數器放電之次數，較水平射線多二成。洛息 (Rossi) 又特行安排計數器，使其祇記錄同時之衝。因驗得鉛垂射線較水平射線貫穿力爲大。

自從採用蓋革計數器以來，進步遂速。二十六年來所假定爲波之宇宙射線，乃知其完全不然。待用計數器表示有高速質點存在時，對於較早所證明質點有轍之說，乃堅定承認。此等轍始於一九二七年經人認定。於此又見新發明利器與技術之重要。欲求科學進展，實驗與工作方面之技巧固不可忽，亦猶理論方面之方法不可缺也。

高速質點應於威爾遜膨脹室 (Wilson expansion chamber) 內，遺留雲狀轍痕。實驗家用

威氏儀器所照出此等像，大約已不少，惟並不見充分特點，足以引人注意。高速質點與低速質點不遇偏轉時，皆直行。至兩種轍間之差別，祇限於寬度與細度兩微細特徵上而已。遇有轍痕，微與放射質之質點所正常產生者不同時，輒剔除不計，謂爲偶然如此，且因儀器受沾染，或運用失慎所致。研究人己一心貫注於放射性質點引起原子蛻變之現象上，故當時並不特別偵察另一派現象。吾人不存心尋訪某某物時，往往當面錯過。

照得未偏轉質點之轍之像後，亦未易進而發見不與放射質相關聯之高速質點。若質點遇磁場而偏轉，則愈速應偏轉愈少。一九二六年，列寧格勒斯科柏爾晉 (D. Skobel'syn) 始用有統系方法，研究放射質之波動輻射物所擊出電子之速度，欲使被擊出電子經一已知強度磁場而偏轉，藉便測定此等電子之速度。及照像時，乃見全數電子轍幾皆大彎特彎，甚至成圓狀。獨有少數仍極近直線。此二種轍之形狀分明大異，乃指示有二羣截乎不同之電子，其速度高下亦大不同。試用 1500 高斯磁場以驗之，其高速質點幾全不偏轉。

斯科柏爾晉設解，謂此等直線轍或由於散逸電子而起。據威爾遜提示，散逸電子必係雷暴所

生。威氏又察得彼等似從室外發生。彼等取直線行程，表示其速度特高。除此之外，其他特徵皆屬電子所有本色。故此等電子必具有特大能量，較放射質所發出已知最強電子所有者，猶大數倍。一九二九年止，斯氏已於六百十三張照像內檢獲三十二直轍例。又察得彼等引起游離之速度，約與宇宙射線使空氣游離之速度相等。此等轍常向水平方面彎折。至於在各方向之分布，則按各轍之性質而論，乃與密索甫斯啓圖尉姆與士泰因揆所查得結果相吻合。自測得偏轉度上，可知電子含能有多至一千五百萬伏者。二十七幅高速電子轍照像呈現雙轍。一幅竟呈三聯轍。似此等雙轍與三聯轍，絕難信其各自單獨發現。大約來自同一中心爲可信。而此中心並非簡單放射性核。一九二九年，刺得福德提示強貫穿性射線，或其所撞擊之電子，或可撞擊原子且使游離。故複轍似卽宇宙射線或其相聯屬之射線，從原子核上逐出之質點之踪跡。斯科柏爾晉摩特斯密 (Mott-Smith) 與羅赫 (Locher)，密力坎與安得孫 (Anderson) 等，皆繼續照取高速電子轍之像。摩特斯密發見有二十萬萬電子伏之能之質點之轍。此等究屬宇宙射線本身之轍歟，抑其所惹動之二次質點之轍歟？密安二氏發見電子轍與質子轍同其數。一九三二年，安氏發表一短文，論及若干轍似係正荷

質點所遺，某次實驗時，安氏插一鉛板於威氏游離室中，驗得質點竟穿過之，惟失去一部分能。迨其透出，取徑遂較彎曲，如圖二一所示略狀。

彎度增加即證明質點已向下行。至於彎曲方向乃視電荷而定。本實驗內，固與已知負荷電子所取者相反也。安氏又述轍之性質與偏轉，乃示其係由於一正荷質點，惟質量不及質子耳。安氏並未公布其照像。當時亦祇暗示，或有質量小於電子之正荷質點存在而已。此所謂正荷質點或係正電子，與久已知悉之負電子相為表裏。

昆茲 (Kunze) 亦曾用極強磁場，以探檢宇宙射線相聯屬之高速質點。磁場之強度受制於威氏游離室之大小。若再用鐵片或塊為極，以集中磁場，則必置室於兩極間。並須安排適宜，以圖便於照像。惟在此等情形下，難得數

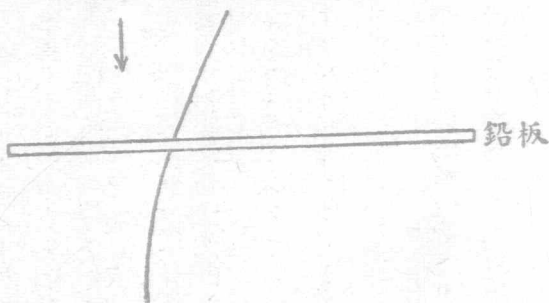


圖 21.

千高斯以上之磁場。必欲得之，則須置室於一線圈中，而通一短時強電流過圈。待儀器將達極熱時，則撤去電流。昆茲與羅司託克 (Postock) 中央電力廠商妥乘，每晨用電之量尙少時，利用其大電流。曾於其游離室外，纏繞一螺線管 (solenoid)，上通 1500 伏 1000 安電流。且設其儀器於廠內。因市內總饋電線不能供給此等大電流。廠內有若干汞整流器 (mercury rectifiers)。凌晨扳鍵，使二整流器脫離總饋電線之電路，而接入螺線管之電路。管外周流冷水，以冷卻之。於是得一 500 伏 1000 安電流。螺線管共有一噸銅線。其溫度每秒增高一度。故運用時，不能逾 50 秒。每次威氏游離室膨脹，則開閉電路一次。所得磁場強至 18000 高斯 (36000 倍於地球之磁場)。首數次實驗時，竟阻止照像器快門關閉，震熄弧光燈，擾亂測量儀器，甚至鼓盪鋼釘與金屬片飛舞空中。電流通過二秒，游離室膨脹三秒。惟因螺線管須 24 小時方退熱，故每日祇能試驗 18 次。磁場強度之限制乃視場強依電流強度之平方根而變之條件爲定。例如流強增九倍，場強祇增三倍。

質點轍之照像頗清晰，線條細，且可量得準確。即微曲亦可察出。即 5 呎半徑之圓孤轍，亦竟可量出無訛。若就雲痕論，則 5 呎半徑圓周上，數厘長一段弧，頗易誤認爲直線也。

昆茲於 γ 幅質點輻照像內，察得陽荷質點與陰荷質點約各居半數。質點之能乃繼續變化，無所謂特惠能量之值。據測量所得，最速質點中有一挾能多至二十六萬六千萬伏；有二竟多至三十五萬萬伏與九十二萬萬伏以上。

試取此等能量之值，與算得各種原子核之構成能量相比較，便可見其巨。氦核需二千七百萬伏，矽核二萬一千六百萬伏，氧核一萬一千六百萬伏，鐵核五萬萬伏。宇宙射線質點或相關聯質點之能，較原子從更簡單單位構成自身時所需之能，為尤多。

此等質點之軌幾成直線。至於放射質以幅射過程而驅出之電子挾能三十萬伏至五十萬伏間。其行徑乃蹠成小螺旋狀。

自從確切發見高速質點與宇宙射線相關聯後，而宇宙射線本性問題更加驚人。發見者曾假定此等高速質點為非質點，因從未於任何其他現象上發見過也。昆茲之百萬萬伏質點之速度將遜於光速（每秒三萬萬呎）祇五呎半耳。又百萬萬伏質點亦應受地球磁場而偏轉，至可察覺程度。地球磁場固甚弱，惟範圍廣大，仍可對於數千或數百呎行程中之質點上發生可察覺影響也。如

昆茲所舉行一類實驗中，一萬八千高斯強磁場使高速質點折行數厘或數吋短弧；此弧之曲度若在五呎徑圓以下，便無從量出。昆茲所設磁場雖強，然質點所經僅數吋。磁場須儘此數吋短程內，充分發揮其大力。至於地球磁場雖弱（約弱五萬倍），然質點行近地球時，爲程長至數百或數千呎。此時皆聽地球施展其力也。故就總結果言之，地球之使質點偏轉，或較一切人造磁石爲有效。宇宙射線若係質點，則近赤道處，應較近磁極處爲弱。惟初行測定宇宙射線強度者，幾全在北歐與南歐，離赤道甚遠，或頗遠。故皆未見大差異。若假定赤道上強度與中緯或高緯處仍相同，則似已證實宇宙射線不得爲質點，而必爲波。且其相關聯之任何高速質點必爲其所再度產生。荷蘭物理學家克雷（Ray）首先精測赤道附近射線強度，因知其較高緯處爲小。此舉雖屬重要，奈成見入人已深，一時難望承認。一九二八年，克雷在荷蘭來丁（Leyden），驗得強度爲 1.1 J，即正常值之百分之 110；又於赤道相近爪哇萬隆（Bandong），驗得 0.76 J，即正常值之百分之 76。克氏提示此或因地球大氣成凹凸透鏡狀。遠赤道處最厚。射線經過，遂減其強度。

宇宙射線之地理分布問題鼓動四方學者起而研究。貝胡涅克（Behounek）至斯匹次北爾

根 (Spitzbergen) 測之馬爾姆格梭 (Malmgren) 與貝氏乘飛艇至北極上測之，格蘭特 (Grant) 至南冰洋測之。皆不見緯度有何顯著關係。但克氏所得結果既如彼，實驗室中用磁場對宇宙射線之效應又如彼，終仍增加人類信心，謂地球磁場必能影響於射線，(惟克氏已另設一交替解說，以明赤道附近射線減弱之故。)

波退與科爾赫斯忒證明，若於兩鉛垂排列計數器間之空隙，施以磁場，則兩器之同時衝數便減少 (圖 111) 刻替斯 (Cottis) 察得減少數為百分之二十五。

自從宇宙射線之為質點之證據日增，遂引動若干最精幹理論家往考覈實驗家所得結果。亥森柏格果能解釋若干最驚人觀察結果。若用比較薄鐵壁或鉛壁游離室，則增厚其壁時，亦增加其游離量。吾人方以為較厚物質將減低射線之強度，亦即減低游離量。然事實適得其反，視若不可解。

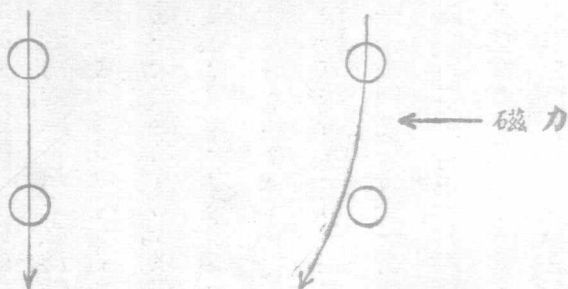


圖 22。

壁厚逐增，而游離量隨增，至壁厚達四分之一吋爲止。游離量之增加乃一部分由於鉛或鐵之密度較大。一單位容積鉛中所起游離，多於一單位容積空氣。故鉛所發出二次射線遂增加近鉛處之游離。若金屬層頗厚，則此等射線被割斷，而不能使室內空氣呈現其自身若引起正常以上之游離者。試用數層不同原料，如鉛與鐵，而精密測定其吸收力，便遇奇特例外之變。尤以信德勒 (Schindler) 所研究者爲著。約翰孫 (Johnson) 假定宇宙射線有含十萬萬左右電子伏之能之質點者，以解釋游離之激增與甚多例外現象，皆能異常準確。亥森柏格亦嘗研探此問題。此新量子力學始創大家表示贊助質點說，使人預期宇宙射線之波動說之將來殊難必也。

欲解決質點或波動爭端，遂必須赴地球上各處代表觀測站，以平齊方法研究宇宙射線之強度。昆普吞 (A. H. Compton) 得卡內基基金研究院之資助，組織一全球觀測團。分全球爲九區，各派一隊人員，攜帶已經檢定過之劃一儀器，往司觀察事。計有本涅特 (R. D. Bennett) 往阿拉斯加，加利福尼亞與科羅拉多 (Colorado)，窩蘭 (E. O. Wollan) 往芝加哥，斯匹次北爾根與瑞士，庫耳 (D. La Cour) 往格林蘭，卡普 (A. Carpe) 登阿拉斯加，馬琴力山 (Mount Mc Kin-

ley) (此人卒陷於山罅而死) 柏那德 (Benade) 往印度，爪哇，錫蘭與西藏，摩德 (S. M. Maude) 往南非洲；柏德 (Byrd) 與浦爾忒 (Poulter) 往南極洲，勒狄格 (Ledig) 往秘魯宛卡約 (Huancayo) (原定環繞合恩角 (Cape Horn) 與巴西，而返美國，沿途觀察) 昆普吞又自行邀集同志，於瑞士，科羅拉多，夏威夷，紐西蘭，澳大利亞，秘魯，巴拿馬，墨西哥，加拿大北境與美國北境等處，觀測之。

自經此番大合作以後，始證實克雷所發見強度近磁赤道較低之說。就海平而論，在磁赤道，強度較在南磁緯五十度與北磁緯五十度，小百分之十四。以拔海二千呎 (即六千呎以外) 計，則相差達百分之二十二。拔海四千三百六十呎 (即一萬四千呎以外) 更大至百分之三十三。在北磁緯與南磁緯二十五度至四十五度間，強度變遷最速。尤以三十四度處為最烈。

昆普吞以為此等結果已足斷然證實宇宙射線係質點，大約係電子。彼同情於多維力耳 (Duvillier) 所提示，亦謂宇宙射線或係來自太陽。士忒麥 (Störmer) 曾假定北極光係由空間流入地球磁極之甚低速電子所成。因得解釋北極光之性質甚多種。電子集中於延向地球磁極之磁

力線上，而使高緯處稀薄空氣之原子發光。甚高速電子構成宇宙射線。多氏已證明，太陽上氫雲（Hoculi）大團熾熱之雲，含有鈣，常騰躍於太陽黑點上。具有極強電場，在十萬萬伏高壓下，宇宙射線或卽此等電場自太陽上射出電子而成。宇宙射線確似地球外數百哩趨來之電子所構成者。匹卡德（Picard）乘氣球上升時，發見在高空，各方向射線之數皆相同。

赫斯驗得日間射線較夜間強百分之0.3至0.5，此或爲射線來自太陽之一佐證。

就同一已知速度言，則海平處電子之射程遠不及高空處。因海平空氣遠較上空濃密，故較早卽阻止電子之進行。具有已知速度之電子之轍，被地球磁場所彎折。磁場強度在高空與在海平實相同，而其所以能使行過高空之電子轍彎折較多者，蓋因在高空有大加延長其作用時間之機會也。

每一彎轍所成圓弧之曲度皆相等。惟觀察人在高空，依理能見此圓弧之部分獨大。如升至十五哩，按理論，應能見二十五倍長於海平。

本書「恆星與宇宙」一章內，已論過勒美脫爾對宇宙演化所持之觀念。勒氏借重於一元始

原子，能蛻變而發出電子，質子，光子與其他質點與波動能者。故對於宇宙射線，極感興趣，以其佔據本人之理論中基礎地位也。勒氏亦認甚高速質點亦為不可少。彼研究透入地球大氣層之宇宙射線之分布理論。又據算理，證明若宇宙射線含有一百萬伏能之電子，或其他可相比擬之質點，自各方均齊而來者，則克雷，昆普吞與他人所發見之宇宙射線之地理分布狀況，便得其解。當磁緯三十四度左右，射線強度增減最激烈處，大多數電子與陰荷質點應自東來，而大多數質子與陽荷質點應自西來。吾人觀察所見質點應自大氣以外高處射來，而與宇宙射線有同為一物之理。

一九二五年，威爾遜提示強貫穿性輻射物或由雷暴時所生甚高速電子所成。威氏發見雲與地面間位差可大至十萬萬伏。此等電場內，一電子自能獲得充分之能，以執行其貫穿工作，如吾人驗視吸收現象時所見者。高速電子挾高速度，遠離雲層而去。故厄丁吞稱之為「逃逸」電子（*runaway electrons*）。威爾遜曾估計地球面上任一瞬時，常有約一千起雷暴在進行中。此或足使高速電子分布於全大氣中，而大致均勻。南非洲約罕涅斯堡（*Johannesburg*）附近素多雷暴。蘭德（*Schonland*）特往觀察多次。順氏與維爾佐恩（*Viljoen*）合作，曾試求雷暴時強貫穿性射

線之發生頻率上之變化。順氏用鐵遮蔽蓋米二氏計數器，又於時間記錄器（chronograph）上，用同一之帶或紙條，並肩記出強貫穿性射線所引起放電之數，與閃電所引起大氣電場暴變之數，藉便比較。順氏自所得記錄上，經統計分析後，發見有時雷暴發生，計數器上每一衝幾乎必與閃電相應合。又在閃電以前數秒內，衝之頻率常增加。惟其或然率較前者爲小。當雷暴在較近處時，如離儀器不足三十呎時，便不見此等效應中之任何種。若雷暴更近，則當帶電甚多之雲正覆頂上時，衝數趨向於減少。此即證實順蘭德初次觀察所得者。順氏固發見帶陽電荷之雲有較大還原效應也。強貫穿性輻射物或係逃逸電子，被雷暴雲之強電場所上拋，隨又被地球磁場所折回，以生奇特強貫穿性效應。

諸家研究強貫穿性輻射物，所持觀念，與所用技術，異常紛歧。威爾遜所貢獻者有特殊價值。因其在理論與實驗上，皆屬創作。彼於宇宙射線之起源，所持雷暴理論，即與衆不同。而斯科柏爾管用威氏雲脹室（cloud expansion chamber），以跟蹤超速質點之轍，乃探究強貫穿性輻射物之本性之大工作上主要進步之一。威氏儀器可謂科學史上有記錄以來所發明最驚人新器。自從威氏

創用雲脹室，以探究原子行爲後，經布拉刻特推進，而更著成效。布氏首先照取原子蛻變之像。彼能善於利用威氏儀器，供其照取強貫穿性射線之轍之像。頗稱便利。

威氏雲脹室內之空氣，祇趁膨脹時期之一段中，沿一質點轍而生一縷雲。此有效時間祇得二十分之一秒。每一分鐘內，落於一方麵面積上之質點僅 1.5 顆。故當膨脹時，質點下落之機會乃於每方麵有效面積上，每八百顆中，僅居一顆耳。故照像時不加審擇，則照出之像中，質點轍僅佔低成數。斯科柏爾晉於每十次膨脹中，僅得一轍。安得孫於每五十幅照像中，僅得一幅，其上所示之轍爲可以測量耳。布拉刻特與其同事奧恰力尼 (Occhialini) 製爲一器，須待貫穿射線通過時，始膨脹一次，並照像一次。又計劃一儀器，使宇宙射線自行照像，即照取本身之轍之像。彼等橫置膨脹室，即使其側面向下。而於室之鉛垂上下兩方，各設一計數器。則一射線通過兩器，亦必通過室中有光照耀處，當兩計數器同時放電，有一電路閉闔，藉此擊動活塞，以引起膨脹。故貫穿射線實引起膨脹。用精巧設計，可減縮射線初過室至膨脹完成中間所需時間，至僅約百分之一秒。布氏推算水點所凝附之游子擴散至幾何遠處。算得在 1.5 大氣壓力下，在氧中，每百分之一秒，祇行 0.1 耗。故轍之寬

度約爲 0.8 耗。似此界畫已頗明晰，可供精確測量。彼初算擴散率時，誤用一因數四，遂得明晰程度四倍於預期。彼又備一螺線管，縱冷水周流其外，使生三千高斯磁場於膨脹室內。

儀器安排妥善後，實驗人平均須候二分之一之久，始得一射線經過，並引動其器。此與察得符合率相一致。蓋察得約爲每分二次。觀察人調整其儀器後，即不須工作，但靜候於暗中可也。儀器先寂然不動，忽啾啾一聲，閃光一道。觀察人便知已捉牢宇宙遠方所來一質點之轍，且已照得其像矣。用此器時，不必連續使之膨脹不休，亦無須摸索機件，以冀偶值射線經過而網得之。

布奧兩氏初得七百幅照像。內有五百以上皆現高能質點之轍。其五百幅有效照像中，四分之三呈單轍。其中大多數皆不爲二千高斯磁場所偏轉至顯然程度。此等質點若係電子，則其能量大過三萬萬伏。其餘四分之一照像則呈祇過一計數器之單轍，或貫穿性輻射物經過物質時，其二次過程所生顯然有關之複轍。布氏複轍照像中有若干幅至足驚人。原得百許幅中，有十八幅各呈八道高能質點轍，四幅各呈二十道以上。此等繁複圖中，有多幅皆呈出若干轍若自室外或室內某某點上輻射而來者。諸轍遇磁場，並不偏轉於同一方向。有偏於此者，有偏於彼者。質言之，有多轍乃似

成對者，分向兩對方而彎折，並歧出。可見此等轍乃屬於異荷質點者，有帶陽荷，有帶陰荷者。至兩方爲數，約略相等。密力坎、安得孫與昆茲曾發見陽荷質點與陰荷質點之數大小相近，可以比擬。昆氏假定陽荷質點爲質子。安氏未決。彼測得若干陽射線轍，遠非質子轍之簡單可比。挾有甚高能之質點沿其本身之轍而生雲，爲量多少，並不隨質點之質量而異，乃視其電荷與速度爲定。甚高能質子與甚高能電子，具有等量之能者，所生轍亦具有甚相似性質與形狀。惟遇磁場，則電子偏轉較多，以其較輕也。安得孫斷定有若干陽質點必遠較質子爲輕，因謂其質量與電荷或可與普通陰電子同大小。彼膽敢發此驚人之見，實已躊躇甚久；又不立刻發表其所得照像，並完全分析其中特徵。故雖經提示，未能盡得信仰。布奧兩氏則確切證實陽電子之存在，已無疑義。彼等得有大批照像，輔以強固有力之議論，遂能完全博人信任。於是研究宇宙射線一問題，竟連帶發見一主要科學新事實。

複轍所表之質點濃密成陣。或即原子遇宇宙射線，而蛻變後所遺之殘屑。惜其本性尙未經探明耳。刺得福德已預言，宇宙射線將來必予人以強有力之援助，以供徹究原子之結構。至是果驗。宇宙射線之所以爲重要，即在其含能甚多。刺氏利用某種放射性原子所發出高速氦核，得來知識，以

構成原子結構新理論。爲放射性所予吾人之最強工具。高速 α 質點含能約四百萬電子伏。宇宙射線所供給之質點，含能多至十萬萬伏，或以上。故彼等所引起之蛻變較強烈多多，且有啓人新知識之可能皆無足怪。將來欲探究原子核之結構者，或將賴宇宙射線爲唯一重要利器。即在全部物理學研究工作上，亦將長期借重於其極大生產力，非一朝一夕而已也。

原子蛻變中所發出質點陣，常自銅螺線管上某一點，向下輻射而出。然有時則自游離室玻璃壁上某某點，或自活塞之鉛上，或自室內空氣中某某點而出。試以鉛板或銅板截斷游離室中央，便有放射點呈現於其上。惟用鎢板，則無之。足見銅，鉛與玻璃中之原子可被宇宙射線所震碎。

威爾遜所發見之逃逸電子亦可產生與此類略相似之轍，惟不似若干籽外雲上射來之質點之轍之具有放射點顯然可辨。又其射到時，取徑大略平行。

吾人欲完全說明此等成陣之轍，不能不借助於不游離射線，如光子或中子。有時鉛板上發出質點轍，而並無投入轍可見。此蓋由於有一主動力已達到鉛板，並猛烈拋出一質點，而於其趨至鉛板時，未曾引起游離作用也（圖二三）。試取諸照像研究之，則見一羣轍之下常呈露另一羣轍。甚

高速光子或中子有能引起游離者。吾人若欲追究此等質點之來歷，頗饒興趣也。至於宇宙射線之元始光柱內，則頗難發見。因此等質點，近經證明，大約乃帶電荷之質點也。

自經實驗家發見陽電子，即今所謂正子後，遂證實現代物理學上一最顯赫理論問題。一九三〇年，帶刺克發表電子與質子間一關係理論，即認此二種質點爲電之負正單位。帶氏試循已知之

電子之存在與量子力學定律，推求有質子存在，遂發見計算電子

能時所用方程式，除有正解外，並有負解。彼即力索負能狀態一意念，在物理學上，應若何詮釋。彼提出一說，謂世界上幾爲負能電子所緊塞，至於無從窺察。惟中空若干處，偶缺此等負能電子，有如間隙然。彼指明此等空隙周行世界各處時，其作用有如陽能中心點，實亦可謂同於普通電子。彼執此等行爲，與原子失去一內電子後之空隙之行爲，相比擬。原子遊行於空間，即挾其空穴與俱。此穴之行爲猶陰能中心，因須有普通陽能電子加入後，始消滅也。與原子穴成對比者，有陰能電子緊集成

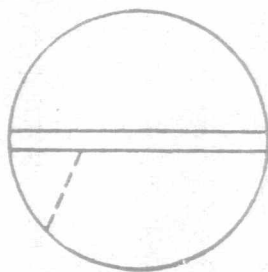


圖 23.

世界，中留空穴，乃陽能中心。帶氏提示此等陽能空穴必係質子，惟不幸再進而從算理上探究之，竟證得此項所謂「空穴」須有質量，與電子等大。質子質量既大於電子幾二千倍，故不得爲此等空穴。帶氏理論似僅係一種怪異幻想。惟其炫耀若是，乃竟示人以暗藏深奧真理。此類下某處總應有火存在也。帶氏雖演繹而得陽電子之存在，惟此外不獲任何其他證據，以致終不能明定其存在。假若帶氏根據算得結果，而發表陽電子存在，則將爲科學史上第一聰明預言家矣。自來無人單憑演繹而發見主要物理學實體。馬克思維耳發見無線電波之可能存在，固憑演繹，但此等波根本上不與光相異。蒲郎克發見作用量子，亦憑演繹，但不能以實驗法證明其存在。牛頓能觀察天文，得材料以證實引力定律。愛因斯坦能徵引水星運行，高速電子與光電子之運行上之反常狀況，以證實其由演繹得來之相對論。

帶刺克研究陽電子已告或功，遂更信自由單位磁極之可能存在之理論，將有證實之一日。彼曾提示自然界中單位北極與單位南極，所以同在一處，祇因彼此間之吸力，據彼算來甚大，約五千倍於質子與電子間。一旦相遇，卽難解脫。

陽電子理論解釋吾人何以難憑實驗發見之。所謂「空穴」即未經佔據之狀態，易爲陰電子所填入。帶氏算得如水中之「空穴」得輪空時，祇 3.6×10^{-9} 秒，尙不足十萬萬分之一秒。故在通常現象下，平均陽電子從無機會得以存在至充分時間，俾吾人發覺之。須待其挾有極大量能，足於十萬萬分之一秒短時間內，使人察覺之，然後吾人得見之。其速度極高。未被陰電子填入以前，已行幾一碼之遙。似此正足於威氏膨脹室內遺留一段轍，供人考核。故此奇器竟能照取正子在十萬萬分之一內之生活狀況之像。在此一霎間，正子自核襖襪遷入電子幕。及其與陰電子結合，遂成二個波能量子，即二光子。此或卽布拉刻特所察出之不游離主動份子能使原子蛻變者也。

若問射線撞擊於原子核上時，究竟如何產出正子？則此中趣味甚饒。按現在所知，正子似不於蛻變時自核內脫出，而乃自被擊之核外緊貼處產出。一對光子撞於核壁上，緊縮而成一對質點。其一卽正子，餘爲電子。按此理論，正子與電子應常同數，或約近同數。

當探家發見原子核遇宇宙射線而蛻變且產出正子時，卽另謀用他法以產出之。居禮與若雷檢驗中子時，間或窺見有視若倒退之電子轍。察德尉克、布拉刻特與奧恰力尼置一鉛製射鵠於

鈹射線中。射線含有 γ 射線與中子。便有若干轍視若從鉛鵝發出。及用磁場驗其偏轉，則知具有陽電荷。再據統計法檢查之，更知其恐非偶然發生者。試置一銅板於游離室中，分隔爲二，則可證明若干陽質點乃背鉛板而去，並非向鉛板而來。因彼等透過銅板後，再遇磁場，偏轉較甚，是已減低速度也。至於此等質點之轍之性質，與質點之游離力，則與陰電子相似。

因欲徹究宇宙射線之故，人類不辭僻遠，四出觀測之。或征北極，或窮赤道，或登高峯，或昇入氣層，或探深礦穴。又設法送儀器幾至大氣盡處。又沈儀器至深湖之底。例如列寧格勒之味立哥 (Vigo) 曾三次攀登高加索山脈厄爾布魯士山 (Mount Elbrus) 巔。親負靜電計於背上。每次枯坐六小時之久，以待記取宇宙射線之強度。惟所得結果，外人多無從聞知。味氏又曾乘潛艇，沒入五十呎深處，以觀測宇宙射線。是爲人類親身沒水，直接觀測之最深記錄。又曾藏靜電計於軍艦大砲筒內，以測鋼之吸收力。此外他人曾制爲種種精巧實驗法，更由量子論大家分析其結果。自經探討後，乃發見自然界有一基本單位，且證實一驚奇理論演繹。至是人類已訪得外宇宙之物質成分上重要知識。然則宇宙射線學豈非最能鼓勵人類之學識之一乎？

第六章 重氫 (Diplogen)

現今物質科學之猛進，恰與現今社會生活之滯相相反。當經濟動作與政治反應皆緊縮時，自然科學仍於其本身範圍內，繼續表現強大創造力與高尚自由思想力。尤以美國人研究科學之態度最能爲此種趨勢示一明例。美國之研究科學，從未有如現代之美滿者。不數年間，竟發見若干主要事實。如正子即其一。惟自一八八七年邁克爾孫與摩黎以實驗爲後來相對論張本後，美人對物質科學所貢獻最大新材料，要推重氫之發見。重氫即氫之原子其質量倍於平常者。蓋爲氫之一同位元素 (isotope)。同位元素者，按化學性質排列元素時，其佔據同一位置之元素質點也。故凡與氫原子在實體上同其化性之質點，皆與氫同列於化學元素編次中之一位置，而皆稱爲氫之同位元素。他如凡與氧原子同其化性之質點，皆稱氧之同位元素；與氮原子同其化性之質點，皆稱氮之同位元素等等。

自從研究放射性元素之蛻變以來，漸知原子有質量不同，而化性實同者。彼時已知元素得八十餘。惟自放射性上驗來，各種放射性原子蛻變時，竟產生四十種物質，皆具有化學元素之性質。此等元始產物中多有含有原子，其化性與已知元素之原子之化性無別，獨其質量則異者。此類蛻變產物既多至如許，遂使人疑必有多種，乃與熟知原子同屬一物，或相關甚密切。

湯姆孫另從完全別一方面，亦證明原子有異質量而同化性者。彼驗視帶電流之氣體內發現之原子質點之性質。以磁場與電場迫臨飛行質點，使各按質量與電荷大小而分離。及驗至容氖 (Neon) 即今日用於廣告紅熾管內之氣體，管內之質點，乃發覺至少似有二種氖原子存在，因可用磁場與電場以分離之也。一種氖原子有質量二十單位，一種二十二。按舊法測定自然氖之原子量為 20.2。舊法為何？其所斷定者究為何？舊所以決定原子量之化學方法與物理學方法，須賴頗多量物質為助。化學家所用物樣，內含原子至少以百萬計。彼先稱出一部元素物質之重量，測定其中所含原子數，以之除重量，乃得一原子之平均重量。似此須用甚多原子，以求得原子之平均重量。大氣中之氖之原子之平均重量為 20.2。不論氖中是否雜有質量 20 之原子，與質量 22 之

原子按定比例而均勻聯合，凡用普通原子量方法以測算者，得數永爲 20.2。

湯姆遜換用新法，單獨對付各質點。普通化學方法與物理方法則對大羣質點與平均性質而言。

十九世紀自然科學界假定一元素之原子具有同一質量，因彼時化學家尙不能剖辨任二原子之異同也。二原子既在化性上相同，自應在質量上亦相同。一九〇七年，克爾文在英國科學促進會 (British Association for the Advancement of Science) 末次演講時，仍深中此說。其遣詞甚審慎。茲錄其一段如下：

「吾人以爲幾可絕對置信者，則有衆多不同種原子各具特性，永不變更。又有不同種物質，如金、銀、鉛、鐵、銅、氧、氮、氫各含一種原子。每種原子之性質亦不改變，而且此種永不能變爲他種。」

即以測定原子量之舊法爲憑證，以觀此種信仰之力，亦至可注意。普通物質之原子量之平均值極有傾向整數之勢。例如克氏文中所提起諸元素之化學原子量爲 197.2, 107.9, 207.2, 55.8,

63.6, 16.0, 14.0, 1.008。此數元素中除銅外，其原子量皆顯然趨向於整數。若向全數元素中尋索之，則見此傾向尤顯著。故或果含深意，亦未可知。十九世紀較富想像力之科學家對此狀，與其他相似整齊性，遂深為感動。一八八六年，克魯克斯 (Crookes) 在英國科學促進會，作驚人之談，即已略啓同位元素之觀念。惟彼時舊信仰如克爾文妙文所示者，牢不可破。其欲起而研究化學原子構造之新科學家，遂難於進行。蓋大多數科學家皆反對此新科學之存在之可能也。

阿斯吞 (Aston) 大加改良磁場與電場偏轉法，以分析質點射線。幾經精良實驗後，乃指出化學元素之原子量幾恰為整數，或若干整數之平均值。如氯之原子量為 35.5，因普通氯含有兩種原子，成為混合物。一種之質量為 35，一種 37，按 4:1 之比相混合。據阿氏驗得，一切原子之質量，皆可以質子與電子之質量表出之，甚為準確。即凡物質皆可視為此兩種單位之電所聚成。阿氏蓋憑實驗而證明一切物質皆由電構成。

然有一二處微不合。所謂單位原子量乃取氧而論，定為 16.00。按此則氫之原子量為 1.008。此不合之點可以相對論解釋之。實則相對論固賴此不合點為之間接證明者。按此相對論，能亦有

質量。故能耗去時，質量亦隨而損失。原子核含有質子與電子相繫。在此相繫過程中，能即耗去。然則氧原子核必不足氫原子，即質子之質量之十六倍，因其組織成分相繫合時，須喪失若干能也。似此解說頗若善為彌補，天衣無縫者。

一九二九年，美國物理學家吉奧克 (Giauque) 與鐘斯通 (Johnston) 發見上述巧辯並不確。二人方探究氧所發出光譜。光譜適足以供人偵察某某情形下之同位元素，而洞入微芒。例如氯化氫分子。此氣體溶於水，即成著名之鹽酸。上文已述氫有同位元素，其原子量為 35 與 37 。氯化氫分子含一氯原子一氫原子。故氯化氫分子可含質量 35 之氯原子，與質量 37 之氯原子。則兩式分子之總質量當為 36 與 38 ，而重心位置亦將不同 (圖二四)。

此兩式氯化氫分子既因平衡微有不同，則受激時，震動亦應微別。吐出之波，亦應稍異。自光譜測量法精進後，此等波長遂得測定至極準。故分光鏡可為偵察同位元素用之利器。而同位元素又適足供給成對分子，備作比較。普通氣體如氧，在常態



二種氯化氫分子

下，並非作自由原子狀，乃結合二原子成對，而爲分子。故從此旋轉啞鈴式效應上，可進而發見氣體中有同位元素。吉鐘二氏即發見普通氧確含側重分子。正常分子含二原子，各具質量十六單位。惟分光鏡顯出淡線，乃因有一分子含一十六單位質量原子，與一十八單位質量原子。正常分子甚爲對稱，而異常分子則不對稱。故兩種光譜顯然有別。似此分光鏡下所得同位元素效應，較氯化氫一例尤顯著，因在彼例中，各分子偏側甚重，而兩分子間差別則輕也。兩者同爲偏側，其一祇略甚耳（圖二五）。吉鐘二氏又發見氧之另一種同位元素，其質量爲十七單位。二人比較同位元素所生各種線之強度後，乃推得大氣中之氧，含十八單位質量之原子不足千分之一，十七單位者約一萬分之一。氧有同位元素尙不甚驚人。惟其比較大量則殊非所料。一九二五年，啓耳士（Kirsch）與拍忒孫（Peterson）與布拉刻特試驗原子蛻變，而得證明確有十七質量單位之氧原子存在。惟據其現象觀之，不似能有大量存在者。布拉刻特自威氏游離室所得照像上，表明有若干氮原子，遇氦核來擊，則吐出一質子者，有時竟攫取該核而扣

二種氧分子

圖 25.

留之。本具十四單位質量之氮原子失卻一單位質量之質子，而收得四單位質量之氦核，乃成一十七單位質量之質點。此質點所有之電荷等於普通氧原子核之電荷，其化性亦自同氧，即成爲氧之一同位元素。據吾人所假定，大氣中氮原子蛻變而成十七單位質量之氧原子者甚少。則依此而產生之十七單位原子量之氧，亦希微不關重要。

當時發見比較大量十七單位氧原子，尙不甚驚人。及至發見大氣內每一千二百五十氧原子內，便有一質量顯然較大至十八單位之氧原子，則完全出乎意料之外，而大足驚人。總之，大氣中之氧確遠非十六單位原子所組成之簡單純氣體；而氧原子之平均質量亦必大於十六不少。據相對論以解釋氫原子何以可有 1.008 單位質量，以對氧之 16，大約必非是。氫原子之平均原子量或必須定在 1.008 以上，因氧原子之平均量實大於 16 也。此乃暗示氫原子之質量有大於 1.008 者。美國光譜學家柏基 (Birge) 與門則爾 (Menzel) 算得，若普通氫含有若干二單位原子，則按四千五百原子中有一原子之比例，已足補給平均氫原子以額外平均重量，如精密相對論解說所必須要者。

氫之同位元素未始不可有例外性質。普通一單位質量氫原子甚輕。及有一額外單位加入，便增其質量至二倍，即較舊質量多百分之百，普通氧原子之質量為十六。待有一單位質量加入，便成十七單位原子。至其增額僅百分之七耳。一原子之質量祇變百分之七時，其化性與體性上之變化不易發覺。非同百分之百變時之易於察出。原子之化性幾全視核上之電荷大小而定。例如電荷為八單位，則不問質量為十六，十七或十八單位，其化性實無以異。氧之同位元素彼此間質量相差甚微。然可憑精緻方法以偵察之。獨極難於隔離之氫之同位元素間質量相差甚多或不難於分拆之也。

一九三一年，美國華盛頓標準局 (Bureau of Standards) 布立克衛德 (F. G. Brickwedde) 與哥倫比亞大學攸累 (H. G. Urey) 與麥菲 (G. M. Murphy) 初試訪求氫之可能同位元素。

氫之同位元素之原子之質量相差既大，則於液態氫蒸發時，速度上應顯然有別。一單位質量原子應較二單位質量者迅速。布氏因縱大量液態氫沸騰，直至僅餘少量液體，然後令餘液分別蒸

發，而收集其氣體。某次縱六呎液態氫，使於大氣壓力下沸騰。另一次則縱四呎，使於極低至可憑壓力以液化氫之低溫度下沸騰。攸、麥二人取分光鏡以驗視二次蒸發後餘液上所浮之氫。凡欲照取普通氫光譜線之像者，須露置乾片若干時，始有明晰結果。攸、麥二人則延長時間至四千五百倍。蓋據柏基與門則爾算得，氫之同位元素在普通氫中所佔成數，而知氫之同位元素所起光譜線，應較弱四千五百倍也。照得像後，果呈淺淡而確定之線條，卽由氫之同位元素而起。再比較二次所得像之淺淡程度，因知首次餘液蒸氣合同位元素原子數爲四千分之一。二次則多至八百分之一。

自從發見此燦爛事實後，遂激起研究家，求用他法，以隔離二種氫同位元素。窩士本 (Washburn) 與攸累試用電解法。凡兩電解物，如氫氧化鉀與氫氧化鈉兩溶液，相混合，並受電解時，其在較低電壓下分解者先被分解。故含有一種同位元素之電解物之分子，較含他一種同位元素者，分解爲速。此或一部分由於二同位元素原子之遷移率 (mobility) 不同之故。一單位質量之原子較輕於二單位質量之原子，故其被迫經過電解溶液時，可以較速。

在氫之同位元素尙未經由液態氫蒸發而發見以前，已有人試用電流以分解水，希圖發見之。

當水被電流所分解時，較輕氫原子應通過電解液較速。所集氣態氫中應含輕氫原子特多，而所餘液體中應含重氫原子特多。窩攸二氏除用電解法驗水外，又往察電解工廠電解池內之陳液。此等廠內專用電解法以鍍金屬，並作其他化學工業。規模宏大。池內溶液往往數年不換。惟按時加水，以補蒸發所失。池內酸液，俗呼池液 (liquor)，久經連續電解作用後，或可含重氫原子甚多。彼等驗視維基尼阿 (Virginia) 南方製氧公司 (Southern Oxygen Company) 之電解池液。其液已連用二年未換。後又往察紐約俄亥俄化學公司 (Ohio Chemical Company) 之池液，亦經三年未換。攸累，布立克衛德與麥斐證明此等餘液果含過剩重氫原子。

含氧分子與重氫原子之水必較普通水為密。惟此密度之增加並不大，因普通水分子之質量為 18 單位，而有重氫時為 19 也。

富士本，斯密與夫藍斯登 (Fransden) 驗得電解進行時，水之比重漸增；冰點與沸點皆漸高；而折光率則減低。

彼等又發見，若由普通水析出氧，屬合過剩普通氫，則成特輕之水。再電解此人造水，取其氧，與

過剩正常氫相合，復成更輕之水，足見氧自過剩氫原子中擇出較輕同位元素，與之化合。較輕氫原子較善遷移；則依吾人假想，應發生反應較速。

此數專家取各種不同來源之天然水而檢驗之，欲知氫之同位元素在有機物與無機物之過程上，所執掌工作有無重要差別。

美國著名物理化學家留伊斯(G. N. Lewis)研究氫之同位元素甚努力。留氏前曾有心設法隔離氧之同位元素。惟此等同位元素彼此間差別太小，極難利用以爲隔離技術之基礎。後遂改向氫之同位元素中尋生活，以冀較易有成。其研討氧之同位元素時，於各種不同水樣內，投一十立方厘浮體，而增減水之溫度，待浮體不沈不升爲止。然後測定水之比重。試比較諸溫度，便無異於比較諸比重。留氏更蒸餾諸水樣，逐去其中溶解之空氣，遂能測定比重，準確至一百萬分之一。

留伊斯實驗室內適有一電解池，其中溶液已經四年之久。留氏用蒸餾法取得水樣，測定其比重爲正常水之 1.000034 倍。即每三千氫原子中，有一二單位質量者。彼又通一十五安電流，以分解此電解液之一部分，至其容積減少三分之一。再蒸餾之，取其水，測定比重，則其超過正常水之值

較第一次所得大百分之五十。此或因重氧同位元素增多之故。留氏欲驗證此可能性，乃取電解過之餘液而蒸餾之，使其汽掠過鐵，則氧被鐵收去，而自由氫仍前進。過一管，中藏熱氧化銅。自由氫與氧化銅中之氧化合，仍還成汽。再經凝縮成水。另導普通氫過熱氧化鐵上，亦得汽，後亦還成水。此第二次所得樣水乃得自正常氫與推想中之正常氧。其比重亦正常。惟首次樣水乃得自電解液之氫與正常氧。其比重遂等於電解液中之水之比重。故電解液中之水所以比重異常者，乃因有異常氫存在，而非有可能異常氧存在也。

留氏復擴大其實驗之規模。自電解池中取液十呎，電解之，待容積減至一立方呎，所用電解器外，繞以銅蛇管，可導冷水周行其中。又溶氫氧化鈉於重水內，使能導電。然後通一二百五十安電流過之。至分解較久後，復減少電流強度。如是越五日，而十呎減至一呎。取餘液大部分置於一盛器內，外圍以冷水。通二氧化碳氣泡過此餘液，使中和其中氫氧化鈉。再置此溶液於銅盛器內。加熱。接取清水於冷凝器中。此清水容積等於餘液中所挹出者。再於此清水內加入未曾除去氫氧化鈉之餘液，使總容積還成原一呎。製成此 一呎液體後，復電解至一百立方呎。續行此法，電解至十立方呎。最

後至僅得半立方糵，即祇當原十坵之二萬分之一。仍加二氧化碳，以除其氫氧化鈉。更蒸餾之，所得清水之比重竟高至 1.035，即其中氫原子有千分之三百十五已爲重氫原子矣。

留伊斯隨後數度用摩涅爾齊 (Monel metal) 圓筒，盛二十坵電解液，而通四百安電流以分解之。待二十坵縮成半立方糵，其中之水比重高至 1.073，即其氫原子中有千分之六百五十七已爲重氫原子矣。

留氏因推斷在相同情形下，輕氫原子之產生，較電解中重氫原子之產生，乃快五倍。設將含重氫原子百分之 65.7 之氫所成之水，用電解法再縮其容積至四分之一，則其氫中將含重同位元素至百分之九十九之多矣。

留氏最後推定普通水中，每六千五百氫原子中，有一二單位質量之重同位元素原子。

留氏估得輕重兩種同位元素之產生速度相比爲 5:1。柏那爾 (J. D. Bernal) 與否勒 (R. H. Fowler) 據量子力學算得輕氫原子之移動率，大約較水中重氫原子所具者大五倍。

其後留氏更製成一種水，其中氫含重同位元素多至百分之 99.99。此純粹特重水，當攝氏

25° 時，比重大至 1.1056。須至攝氏 101.42° 始沸；至攝氏 3.8° 先凝固。普通水之最大密度不在攝氏 0° 時，而在 4° 時；重水亦有此反常性。惟其最大密度乃在攝氏 11.6° 耳。重水與普通水同具反常性，特重水之反常程度更甚。此等反常性又隨溫度之增高而退減。據報告，赫耳茲 (Herz) 曾製出極純重氫。其光譜竟不再呈現有普通氫存在。赫氏用其全列擴散儀器，以分離兩種同位元素，而告成功。

普通水與重水間之差別顯然甚巨。故其對於自然界所生效應遂成一重要問題。留氏自述初研究時，即疑重水或於生物上有影響，並已開始試驗之。彼曾試用重水浸菸 (*Nicotiana tabacum* var. *purpurea*) 子，觀其能否發芽。菸子在普通水內，在普通情形下，穩能發芽。彼取三管盛普通水，三管盛重水。各投入成對菸子，封閉管口，置於一恆溫器 (thermostat) 內，保持攝氏 25° 而不變。11 日之內，普通水內所浸之子發芽。及滿二週，已成壯苗幼體。至重水內之三對，竟無發展。退勒 (H. S. Taylor) 斯營格爾 (W. W. Swingle) 愛靈 (H. Eyring) 與夫洛斯特 (A. H. Frost) 謂青蛙 (*Rana clamitans*) 之蝌蚪入重水不逾一小時便死。單細胞原生動物中之草履蟲 (*Par-*

amoecium caudatum) 亦僅能維持二日。普通玻缸內所畜魚 (Lebistes reticulatis) 11小時即死。一種片蛭 (Flatworm, planaria maculata) 三小時亦死。

生物在兩種水內既呈不同行爲，則生物或能分離同位元素，亦未可知也。

近來察得氧至少有三種，氫至少有二種，則水可有九種。其在自然界所司職務，則尙待探究。將來一一考定後，或可啓新知識之門也。生物之主要成分即氧，氫與碳。三者化合而成之化合物，已知者約一百萬種，爲有機化學之研究材料。今既發見三種氧，二種氫，二種碳，則有機化學中可能化合物之種類遂增多若干百萬。即以重氫而論，自從發見後，已足供有機化學家探究數世之久。水所含氧與氫固然有種種不同，此外另具其他特異性。柏那爾曾推展一理論，謂水有三種結構。第一種謂之鱗石英型 (tridymite)，其中分子傾向於列成冰結晶內之秩序，而仍不失液性。此態殊罕遇，只能發生於攝氏 40。以下。第二種，在平常溫度下最多。其分子傾向於列成石英結晶狀。第三種之分子擠得甚緊，如液態氮等理想液體狀。此種在攝氏 374。以下之高溫時，佔主要地位。

近來探討家發見水並非單純物質。其組成與性質實皆甚錯綜複雜。

實驗物理學家已應用二單位質量之重氫，供其研究。羅梭斯教授 (Professor E. O. Lawrence) 曾用爲投射物，以察驗原子之蛻變。二單位質量之氫核較普通質子重二倍。故若用於上述科克克洛夫特與窩爾吞二氏之實驗上，使引起蛻變，或可較易奏效。羅氏以重氫核，卽又稱重核子 (dipions) 者，轟擊金原子與鉛原子。其重氫核則在一百五十萬伏強電場下運行。彼發見重氫核並不使金原子與鉛原子蛻變，而反自行蛻變。吐出之能竟達七百五十萬電子伏。似此釋出之能遠較主擊質點之能爲大。羅氏信以爲重氫核分裂爲一質子與一中子。又發見重氫核之能若增加五十萬伏，及其蛻變而生質子，其能祇增多二十五萬伏。此甚似總能量被同質量之質點所均分者。質子與中子之質量本幾乎相等。羅氏驗得碳原子受重氫核撞擊時，保持其中子部分，而非質子部分。較重原子乃自較輕原子綜合而成。例如氮核遇氫核撞擊，則經綜合作用，而生十七單位質量之氧之同位元素。

從水中得來之重氫同位元素之核既能產生中子，則水或亦逕能產生中子。刺得福德與奧力蕃特 (Oiphant) 曾表明重氫核氦蛻變時，不與質子同守一組規則。本布立基 (Bainbridge) 曾用

特製質量光譜儀 (mass-spectrograph) 示明重氫核之質量爲 2.0136 單位。

現代科學家努力邁進，得此種種新發見，誠足以云獲償。科學家所遇問題，蓋從未有如今日之具有無限前程希望也。今日既已發見如此其多之種種新現象之定律，將來必能發明新法，以駕御自然界之原動力也。

攸累，麥斐與布立克衛德曾提議稱普通氫原子爲「初子」 ('protium') 其核爲「質子」 ('proton') 而重氫原子爲「次子」 ('deuterium')。留伊斯更議稱其核爲「次核」 ('deuton')。刺得福德等人則曾議稱新發見較重之氫同位元素爲「重氫」 ('diplogen') 其核爲「重核子」 ('Diplon') 因易與其他一切分清，且示意準確也。

爲新原子質點題名一事，可謂悅意之侈舉。而今日科學界所享受者，尤佔特別大部分。發見重氫之舉，爲美國光譜學派與物理化學派得意之成功。就本範圍而論，其重要不輸他範圍內之相對論也。氫爲最善反應之元素。其所參與之化合物多於任何其他元素。故含氫之物質之種數至少加倍。質言之，不止加倍，蓋因比較簡單如水，今亦有九種之多矣。重氫供給有機化學家以新材料，可累

世研究而不竭。重氫不獨供給新變種，且爲有機化合物之強有力探針。例如氫與重氫在糖分子內佔相似地位時，行爲仍不相同。將來吾人以一重氫核代替一質子，藉以察探化學化合物之結構，並窺視氫原子與其鄰近原子間之關係。此法行見將成標準方法也。

第七章 演化論之化學觀

一

前人研究動物與植物之形狀，而創立生物演化理論。惟人類對於動物最先認清者，不必盡在形態上。例如對於虎，可先知其孳惡，而後始識其狀。特人類之認識動物形態，由來甚久。試觀粗石器時代後期（sub-per paleolithic）穴中繪畫，可知。蓋一萬年前，人類已能用線條畫出動物形狀，成績甚佳。其遺留至今者，有鬚羣（bison）之圖。筆法神妙，敷色入化。不惟此也，尚有解剖圖。現存有一作猛獁（mammoth），又稱古

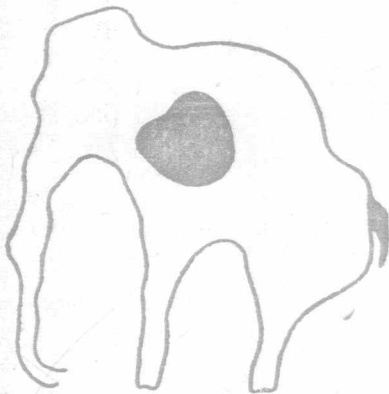


圖 26. 古石器時代猛獁畫圖，示心臟位置。
〔摹自斯密人類歷史（Elliot Smith: Human History）書中原圖〕。

象)圖者,居然表出心臟之位置與形狀(圖二六)此爲已知動物心臟圖之最古者。至於鬃鞞圖中,亦有加繪一矢,以示心臟所在者。

研究動物形態,蓋與某支藝術同時發源。動物行爲雖較動物形態尤爲重要,惟較難有迹象可尋。故彼時未能躋於藝術與科學研究問題之列。形狀可用比較簡單方法以表出之。卽用線條着於一面上可也。至於生物之運動與行爲,則不能單憑若干線條以形容出之。蓋須用複雜有聲電影方足表示之,使收有聲有色之效也。卽使言語進步,猶不足應用也。古詩人常詠及動物與人之行爲,其所採用之技術本不合宜。然在無可如何之限制中,已用至甚美滿程度。惟吾人須知,言語用以形容行爲,尙不若線條用以形容狀態之爲愈也。研究動物形態之學比較簡易,遂有進步。當亞理斯多德時,已知生物之外形與內狀不少。其後醫學與藝術更促其發展。因外科醫士須知身體結構,方可運刀;而畫家知之,方可描畫也。解剖學與雕刻術在史上往往並進頗顯著。如希臘古典時期與文藝復興時期內,知識界領袖每兼擅美術,解剖學與科學。如亞理斯多德與利奧那多達芬奇(Leonardo da Vinci)是。人類已知多種生物之形態與解剖後,便可期再進而作比較研究,以發爲進化理論。

利奧那多親視山上岩層中所發見之貝殼，持與海產貝殼相較，而知其相似。因推斷岩層昔本沒於海中。此地質演化學之濫觴也。

從化石骨骼上比較觀之，得知多種動物經過若干以百萬年計之長時期，而逐漸嬗變。試觀一系列化石馬之骨骼，其趾骨之大小與排列即呈逐變。試取歷年猿骨，列成一系，便見人骨居殿，不爲無因。達爾文研究當其時物種之分布，相似而不相同物種若何同時分居地球各隅，豈非同時生存相似而不相同之物種，必來自公共祖先乎？在形態上作比較觀，竟產生演化論。至於一系列不同形態間之有連續變化運動維繫之者，此觀念乃得自探討家之心理作用。蓋探討家不知不覺間爲社會發展程式所中。若僅着想於個人之一生中所顯示之生活過程，則不足引起進化論上動力概念。個人一生似不過自生而長，自長而死，周而復始，並無演化迹象可尋。欲得對於現象之動力概念，必自發育時期遠長過人生之實在事物上以求之。社會組織上特殊方式似至少須數百年，方度過其演化步驟。若有週期，當遠較人生七十年爲長。凡居於此期中葉之人，能目之爲向前進化。四百年來，食物與貨物之產生，日盛一日，而社會變遷亦隨之愈演愈速，遂使人感知一切現象上帶有動力徵狀。

自從商賈欲擴充銷路，君主欲啓拓疆土，遂激起探險之士，遠涉重洋，開闢新大陸。常人生活亦無不新奇是驚。人類習於觀變，對於凡事，皆冀其有變。十九世紀資本主義社會立足深穩，而變之表示亦愈確定。達爾文即深受馬爾薩斯 (Malthus) 人口論之重大影響。彼讀馬氏討論社會問題之文，而觸發天擇觀念。彼時抽象問題上之底料已臻豐富。

人類至是，已慣作動力概念，以對現象。牛頓派力學即以動力想及物理事實。人類已敬謹承受社會改革之爲合意。到處皆信進步之實在性。人類動作受動力概念浸染以後，最末乃影響及於自身與其他生物上之觀念。因生物學家觀察生物，得來底料成列，亦應用運動概念以處理之。而此等底料多關於形態與結構，乃生物性質中最易研究者。於是浸浹之功以成。

惟欲建立演化一事實，所需底料，不必盡取諸形態，亦可取自行爲上也。如紐克曼 (Nucker-man) 比較猿類之行爲，得於形態學以外，證明各種猿間有共同血胤。又如比較各種猴之性生活，亦發見各種間有關係，而與比較解剖法所推究而得者不同。行爲演化一途甚或尤爲重要基本，亦未可知。吾人慣常所分狐猴 (lemurs)，跗猴 (tarsius) 與擬人猿 (apes)，乃根據前人從比較解剖

學上推斷，於一八七三年發表之定義而成立。惟彼等之行爲或生理亦自供給吾人以底料。亦正可取作分類依據也。例如以生殖時期爲準，亦無不可。自此點出發，則知惟狐猴有一定時期。又狐猴不具實體色彩視覺，以此異於一切猿類，猴類與人類。

舊世界猿類與其他有別。蓋彼等與人類同具某某數特性。可於黏血法 (Blood-agglutination test) 驗出之。狐猴與跗猴檢取毛叢中碎塊時，不用手。猿類面部表情甚多；跗猴則不然，其脾氣亦難測度。

智力演進之較低數階段，可藉實驗法以研究之。所得結果，較解剖腦部而推得者，爲有效用。靈長目 (Primates) 之高下，可按其腦之較高部分代行較低中心之職務，至何程度而判定。據實驗得知，腦前葉之於智力行爲，不較凶葉 (Parietal lobe) 爲更重要。似此結論雖與今日多家見解相抵觸，然得黑猩猩爲證。蓋其腦比諸人腦，則前葉較大也。自此等實驗上得以表明：欲決定動物彼此間關係與人類祖先時，賴形態上相似點，不如賴行爲上相似點。自從技術改進，吾人得以研究動物行爲。遂取他法以考覈生物演化。生物質含有若干種不同物質，若干種爲固體，若干種爲液體，若干種

爲氣體。其爲種類，並非漫無限定。例如凡生物體皆含蛋白質。蛋白質之種類雖甚多，且每種生物多少有其特種蛋白質，惟一切蛋白質皆有大致相似性質。生物體內所含物質之型式，不出一定限制。此並不足怪。因能具奇特性質，足以構成生物質之物質，固不能期其有太多型式耳。試取生物所由構成之物質，而比較其成分，應知不同種生物間有化學相似點。不同種生物而具有相同或相似化學物質，此可表示內中有一演化關係。若自化學方面比較生物質，而能得重要知識者，則生物質必能細加分別。用化學法以分析生物質者，近來方起始走入精細一途，足以獲得有用比較化學底料。現今偵察生物質中有無複雜物質存在，並估計其量之諸方法，正在進展中。生物化學發展，且初告成功，遂使研究生物彼此間化學關係者，得一更便途徑可循，且增多興趣也。

二十年來研究花中色素之化學家已增進不少新知識。維爾士塔忒 (Willstätter) 曾用有機化學上高超技術，以闡明此等色素之性質。曾發見藍玉蜀黍花之色素名三氮陸燬 (cyanidin) 者之組成，爲首次重要成功。魯濱孫 (Robinson) 與其同事更大加擴充花色色素之化學研究。彼等檢察衆多不同目植物，藉知花色雖多至不計其數，然幾乎全自三種物質得來。三者爲三氮陸燬，得菲

尼丁 (dephnidin) 與風凸草素 (pelargonin)。植物似能合併此中任一種，與他物質，成爲化合物，以生其花之特殊色彩。墨西哥與南美產吊鐘海棠屬 (fuchsia) 花冠之莖色，與花瓣外面之藍紅色，所以有別，僅在前者帶有鞣質 (tannin) 耳。普通紫丁香 (lilac) 花有白色，有淡蓮灰色 (mauve)，有較深紅色，皆生自一種色素，而視所歸入另一物質之多少與反應重輕，而有不同結果。薔薇、天竺牡丹 (carnia) 與藍玉蜀黍花所有一切色彩，恐祇由一種色素變出。此色素與若干主變物質相結合，遂生各種不同色彩。花之着色機構通常皆限於三種基本色素之變異。此在演化上必負重大關係。此事立刻提醒吾人以生物結構上，負基本職責之物質，不能有多種。且生物皆來自一共同祖先，或少數遠祖，即由此等特殊物質，按最粗淺方式構成者。今日花之色彩繽紛異常，乃少數基本色素發起化學變化後，所增繡幕也。花中色素之化學組成爲花之一種特徵。至少與花之形狀同一固定。在植物分類上，與關聯上，其重要正不減花之形狀也。即在演化因果上，亦何獨不然。有此基本知识，方可研究花色之起源與功用。

二

今日研究家所用技術發展至於可以徹究生物之化學特徵，而收相當功效，遂另闢新蹊徑，成立化學胚胎學，爲一獨立科學矣。約瑟泥丹（Joseph Needham）著奇書，名曰化學胚胎學（Chemical Embryology），始檢取胚胎化學上不相連屬知識，組織成爲統系。彼搜集胚胎化學上一切記載，而纂爲第一部總綱。此書未出以前，化學胚胎學範圍不定，條理不清。彼時雖有個人記載胚胎之化學徵象，惟尙無人出而綜匯本問題上一切事實，爲之提綱挈領，以便同時一覽無餘。無此提要工作，則研究比較化學胚胎學者，不能收效。因不能預取各種化學事實，互相比較，然後聚集之也。泥丹所作有如號令一羣事實軍隊。使準備應付當代最重要科學戰爭中之一場。自從研究生物之形狀後，遂建立演化事實。惟僅賴研究形狀，尙不足推得演化機構，因形狀本身不免空虛。吾人仍須研究生物之組成份子也。如蒸汽機之機構，固不能單憑研究外形而知其詳也。凡探討家專顧生物之形狀者，卽專究形態學者，甚易犯一種疵病，卽常懷一念，欲於空虛形狀中，實以一種動力。形態學產生不少生機派理論。因形態學家易於視生物如一賦有生命之外形，而不視爲完全複雜自動機構也。欲推得演化機構，須從能生長能演進之物質之組成上求之。初生數階段內，變化最激烈，亦最

易察出。此時生物質工作最速，而呈現於學者目前亦最明顯。自從化學技術改良後，遂能使人窺透生長過程中之細微化學變化。

若干種動物之卵之化學組成即直接表示演化要義。如海膽 (sea-urchins) 等簡單動物之卵，經分析後，呈有數種固態有機物質，如蛋白質（成纖維狀物質），碳水化合物（成糖狀物質），脂肪等。至鹽類與水，則不多。此鹽分通常歸入灰分，即卵被焚毀後所餘。水棲無脊椎動物之卵並不含灰分。卵內胚生長時，始自周圍水中攝取必要灰分或鹽類。故鹽水，如海水者乃正合於維持此等胚之生命。自下等動物升至高等動物，其卵之化學組成愈演愈複雜，亦愈演愈能不依賴環境。泥丹曾列一表，專示此項關係如下：——

卵之演化(據泥丹)

	固 體	灰 分	液 體	氣 體
	蛋白質, 脂肪, 碳水化合物等		水	氧
水棲動物				
有殼之卵 例如				
海膽	+	-	-	-
多殼之卵 例如				
海醋栗 (sea-goose-berries)	+	-	-	-
章魚	+	-	-	-
沙蟹	+	-	-	-
魚類				
鱒	+	+	-	-
角鮫	+	+	-	-
陸棲動物				
蛙(兩棲)	+	+	-	-
黿龜	+	+	-	-
陸蛙	+	+	+	-
蛇	+	+	+	-
雞	+	+	+	+
鸕鷀(grebe)	+	+	+	+
人	○	○	○	○

正號十示卵中所含已足組成一胚；負號一示卵未曾自母體方面襲得某物，而必自環境方面攝取之；零號○則示母體未賦予該卵以充分材料，而賴他法以供給之，如於胎中藉血液循環，以輸入送入胚等。

觀本表可見高等動物母體之卵能不賴環境，而且愈高愈能獨立。下等動物之卵則惟水鄉環境是賴。所需全量灰分，水分，與呼吸所需氧，均攝自周圍水中。故下等生物與水發生基本關聯。下等生物宜於在多含氣體之鹹水中生長。此示吾人以下等生物或原始生物應自海水中崛起也。試觀淡水中，無脊椎動物頗稀少，蓋可為證也。淡水中無海膽，亦祇有不多種貝類與蠕蟲。大多數無脊椎動物尙未能產卵，使適於乏鹽之水。其原來生於海中之貝類已能遷居淡水而無恙，惟終不能生育於淡水耳。革泥 (Gurney) 謂諾福克河灘 (Norfolk Broads) 之一種大蝦 (jackshrimp) 能棲息於淡水或鹹水，惟仍赴海中產卵，因其卵在淡水中不能發育也。此等卵所含灰分過少，不足助其發育於淡水中。至於鱒之不完全適合一例，尤為奇特。鱒卵含有灰分，能在淡水中發育。惟鱒之精蟲在淡水中，較在微稀海水中，死亡迅速多多。

海中演出之動物能合於淡水居住者，或因經過一次激變，致使其卵得含灰分。含灰分之卵能在淡水中發育，並生聚成羣。厄力斯 (Ellis) 謂鹹水動物一旦卸卻某種桎梏，如不復依賴無灰分之卵後，則可於甚短時期內，繁殖於淡水中，而成部落。海棲動物在組成上稍稍變異，便可脫離海水，而演進一步；與在外形構造上變異者，有同等效力。

厄夫魯息 (Ephrussi) 與刺普琴 (Rapkine) 察得海膽卵自海水中攝取灰分時之速度等，如下表所示之例：——

受精後小時數	0	12	40
灰分總百分數 (乾時重量)	1.5	9.1	16.8
灰分總百分數 (濕時重量)	0.34	2.06	3.56

嘿茲 (Hayes) 察得若干種魚之卵之灰分，當卵之發育全期內，永為 1.5 起。則又與上述恰相反。此等魚卵不自海水中攝取灰分也。赫布斯特 (Herbst) 幾度探究海膽卵吸收灰分時之過程，因得甚佳之例以示人。彼自製鹽類溶液多種，皆與海水相似，惟每種視海水少一種成分。彼試育海

膽卵於各溶液中，有成有敗。凡液中含有磷酸鈣之磷，硫酸鹽之硫，氯、鈉、鉀、鎂，碳酸鈣或硫酸鈣之鈣，與鐵者，海膽卵入其中，皆不能發育如正常。惟無溴、碘與矽，則不妨。赫氏察得海膽卵需要前列中之數種物質，為本身之用，而非徒為維持環境不變。又有數種物質則為防衛身體之用。例如彼取那不勒斯（Naples）生物研究所內所備蒸餾水，以製成人工海水。此蒸餾水中仍含極微量有毒銅質，故必須有磷酸鹽以沈澱之。非待至銅質盡澱出後，卵不能生長於其溶液中。赫氏更探究諸相似鹽類是否可以互換，因知亞硫酸鹽不能代硫酸鹽，即磺硫酸鹽（thiosulphate），硒酸鹽（selenate）或碲酸鹽（tellurate），亦均不能代之。溴可一部分代氯，而碘不能。銣（rubidium）或銻（caesium）能一部分代鉀，而鈉或鋰不能。碳酸鎂，鋇（strontium）或鋇不能代碳酸鈣。若無無機硫酸鹽，則硫酸醚（ether）不能產生硫。赫氏更察得惟有一種結合方法，即由鈉、鉀、鎂、鈣、氯、硫、二氧化碳與氫氧根構成諸鹽，溶於水中，方足使卵按正常發育。彼又續行其得意探討工作，證明鹽類可分為二大類，一為卵自始即須攝取以資發育者，一為自某期起方需要者。前類包括氯、氫氧根游子、鈉、鉀與鈣。此等若不具備，則將貽種種缺陷。例如氫氧根過剩時，在一例上，則有色素發現。鉀存在，始有顫毛運動。

(即纖毛擺動)鈣存在，始能成骨骼。第二類包括硫酸鹽，碳酸鹽與鎂。無硫酸鹽，則胃、骨骼與色素均不能發達。碳酸鹽為骨骼所必需，鎂為胃與骨骼所必需。赫氏示明海膽胚與相似生物祇能略行利用環境內化學物質。彼等深賴海中化學成分，故暗示其導源自海，且尚未超脫昔日舊依賴性甚久也。原始生物並非健強自立份子。所謂樸質份子與原始份子之強力，實大都虛誕。在大多數生物上，大約皆如此。吾人若得援類似例以申辯，則組織嚴密之社會等級，當較組織不甚嚴密之社會等級，有更大生存能力。今日衆人要求還復原始政治狀態，如個人專政等。若依生物學類似例以論之，實為退步。所謂又有強力而又簡單之人，實為一種矛盾現象。因簡單生物之適應力較小，即其控御環境之能力亦較弱。卵內水分之職司，可先從雞卵察之。惟至早須待雞卵經翼伏至第五日，或更久後，始能檢得可靠底料。第五日，胚含水百分之九十四。其後逐漸減。迨二十一日孵成雛時，祇剩約百分之八十。在此期內，胚正生長。故其中水之重量亦逐漸增。至於雞卵發育時，重量之減少，則自十八世紀始已有知者。格勒柏爾斯 (Groohbels) 與麥柏特 (Möbert) 並發見他鳥之卵亦如是。鷹卵失百分之11.5，夜鶯卵失百分之11.8，歐駒 (robin) 15.5，雀 16.8，積鴉 (chaffinch) 26.8。雞卵所失

重量極一律。故遵茲(Zuma)會議按時衡雞卵，以斷定其發育是否正常。麥累示明卵之所以失重，乃由於周圍空氣乾燥之故。若空氣中水分常飽和，則卵並不失重。至於先天豐足之卵，與先天欠缺之卵，失重速度先本相同。迨第十六日，而豐足之卵失重較速，可見雞卵不能控制自身失水之速度。此等結論與阿加左替(Agazzotti)所察得者相符合。阿氏於奧楞科爾(Col d'Olen)海拔八百呎高地，驗得雞卵失水較速於吐林(Turin)海平處。此與長成之雞適相反。蓋長成之雞在吐林失水較速於在奧楞科爾也。

就卵全體而論，常在失水，而胚則常增水。惟增水之速度則隨減。卵初發育十日內，殼自卵白攝取水分。卵內有此輸水作用。即卵白多少能充作蓄水器也。

鳥類之胚之水分與年歲俱減。人類、豚鼠(*guinea-pigs*)、兔、鼠與牛之胚亦然。據測得鼠、貓與犬誕生後，水分仍逐減。因此有若干作家斷定生長期內必有水分喪失。克累麥(Cramer)察得病態新生質(neoplasms)如瘤等，含水多於正常組織百分之五，因推定高水分與高生長速度相關。

格雷(J. Gray)發見鱒胚之水分常在百分之八十五。比勺夫(Bischoff)發見人初離母體

時，水分居百分之 66.4，及三十三歲時，僅百分之 58.5。若僅以筋肉計，則兩數為百分之 81.5 與 75.67。魯稷卡 (Ruzicka) 以為歲增而水分減者，乃老去過程之基礎。彼謂生物之老去，乃原形質漸變為穩定，固態，不溶解且乾燥。泥丹曾進一說，以為幼生物含水特多，或別有作用。彼引斯刻爾吞 (Skellon) 所驗得結果，謂哺乳動物流血時，使組織輸水入血。泥氏發見筋肉供給此水百分之 10，肝百分之 8，大小腸百分之 2，脾百分之 0.3，結締組織百分之 7.8。故哺乳動物之胚長大，而水分退減者，或不過結締組織減少之故耳。似此水分退減，正足為哺乳動物胚與魚類胚間作對比。鱒胚水分，在發育期大部分中，並無變化。是鱒胚必能從身外另攝取水。蓋胚內總水量與胚之重量成比例，而重量又隨胚體同增也。格累示明初受精鱒卵已含充分固體，足以構成完備之胚，惟含水尚不足半量。格氏敘述此等水與固體間之關係時，曾設一方程式如下：

濕 穀 + 外界水 = 濕 魚 + 另作他用之乾穀

(1.0 克) (0.7 克) (1.56 克) (0.14 克)

格累證明乾穀一項係銷耗於呼吸中，以供給生長過程中所需之能。

藍稷 (Ranzi) 研究槍鰩 (squid) 亦得同性質方程式如下：——

濕 穀 + 外來水 + 外來灰分 = 濕槍鰩 + 另作他用之乾穀

(1.0 克) (0.78 克) (0.033 克) (1.727 克) (0.089 克)

有數種鯰 (catfish) 在胚期中能吸收水分，頗饒趣味。如 *Bagrus* 一屬之鯰含胚於口內，而孵化之。一八五七年，外曼 (Wyman) 察覺已孵出而尚未離母口之胚，遠較未發育之卵爲重。

倭爾夫 (Wolf) 發見葉腳目 (phyllopod) 之卵，雖被藏於收濕器內十四日之久，仍能發育如常。卡盆特 (Carpenter) 察得擺輪動物 (rotifer) 亦稱車輪動物之卵，亦有此等性質。此等動物之胚所需之水幾完全攝自環境。因其能抵抗乾旱，故產於時潤時涸之池內。

水棲動物之卵原含水分不足，遂有種種奇特現象，如梭魚 (pike) 卵之旋轉等。據卡散斯啓 (Kasansky) 云，梭魚卵在其被膜內旋轉，可引起卵膜內之水周流，藉以吸收膜外之水。

格累曾論及胚期吸收水分一事在演化上之重要。吾人通謂原始脊椎動物係一種水棲動物所遺之後裔。當某一階段，必有最先陸棲動物，始產卵於陸，而不復於水。此輩之卵不與鱒卵相似，因

鱒胚甚速即填充胚中空隙，且必須及早誕生，誕生時固猶未發育齊備，亦未能自衛也。凡胚未經孵出而先發育周全者爲例外。須於殼與外膜間多留空隙方可。似爬蟲與彼等之後裔，大約乃從一種水中產卵之動物崛起。胚未發育成熟，不自卵孵出。此動物之卵既留有空隙，即前使此動物之水棲遠祖之胚異常發達者，至是乃另易功用。水棲時，此空隙原供擴展之用。迨陸棲時，變爲蓄水之用。雞卵殼周圍空隙之主要功用即爲貯水。

雞胚在受孵時首十九日內，自殼吸收十立方厘水。故卵白實原始海水之苗裔。動物組織沈浸於血海中。卵白亦猶此血海，賴以保存最初有卵演出時之環境。生物迄今未曾脫離水棲生活原則。當彼等升遷至陸而能適應時，蓋無形中已挾海與俱，即挾於卵中並皮囊之內。故獲無恙。凡鳥類之卵與衆多爬蟲之卵皆含水，足以供發育。惟若干種爬蟲之卵則缺乏一部分水。此等卵產下後乃脹大。衆多陸棲動物之卵不能完全不賴外來水分。是足證明尙未能完全適應於陸上生活也。

芥氏 (Karashina) 曾研究日本海龜之卵在發育期中所含各種內容物。此龜就高潮線以上濕沙中產卵。卵大約如乒乓球。芥氏察得殼自卵白吸收水分，而全卵更自外界吸收水分，等於原含

水分百分之四十二。約瑟泥丹謂此等龜胚須自行補攝所需總水量約三分之一。故龜類之卵多比較特小。堪林干 (Cunningham) 曾發見美國北卡羅來納省 (North Carolina) 某種龜，竟生有特別器官，能預濕地土，然後產卵其中；俾其易於孵化。彼等築巢於高處，有時距水甚遠。其所擇地方常堅硬乾燥。惟有時則在沙灘。此龜先自一特備膀胱狀泡內泌出液體，以潤澤地面。因穴內土壤雖濕，穴外則本乾燥。此泡之功用，前人不知。堪林干分析泡中液體，蓋一種稀薄尿液也。卵發育時略脹大。泥丹謂此龜之行爲可爲演化鏈索上一重要環節。此龜特別努力以供給充足水分與其產於陸上之卵，惟仍未能預貯充足水分於卵內耳。

卵發育時既必須另攝水分，此大約即可說明衆多奇異飼育習慣之原因。惠勒 (Wheeler) 謂蟻出羣中，吐涎於卵上。此涎或卽被卵吸收。外宰赫 (Weyrauch) 察得蚯蚓 (earthworms) 產卵後，復舔之，否則卵不能發育。至於昆蟲卵，不遇濕環境便不能正式發育。其例頗多。原川 (Harakawa) 驗得東亞桃蛾 (peach-moth) 卵在百分之十相對濕度下，祇有百分之四九·四能孵化；在百分之六十五下，則全數孵出。特立尼達 (Trinidad) 涎沫蟲 (froghopper) 卵非遇百分之九十以上相對

濕度時，不發育。波當(Bodino)曾示明蚱蟻卵全體內所含水分，當卵發育時，亦增多。裴各克(Peacock)取鋸蜂(saw-flies)卵供試驗。驗得其自植物葉吸收水分。蓋鋸蜂先就醋栗(gooseberry)葉上鑿穴，然後產卵其中。若浸醋栗枝於含曙色染料(eosin)之水中，則染料漫至葉上，終入卵內。足證係由被吸上之水所挾至也。及卵初發育時，移之於穴外，已能自空氣中攝取水分，而照常生長。泥丹謂昆蟲不似其他牠動物自行預貯水分於卵內，卻產生一種潮化(deliquescent)卵，從空氣中吸收水分。如此似已解決其陸上生活問題。昆蟲所遇之適應問題較其他較大動物所遇者為簡單。因狹隘局部空間常受毛細管作用，而有水分吸入，故其間空氣較濕。昆蟲產卵之罅隙處本濕潤，不若周圍空氣之較乾。泥丹稱此處小局部氣候曰微區氣候(micro-climate)。此微區氣候遠較昆蟲所在處之大區氣候為濕也。

格累以魚卵外裹一層含水之膜，因就魚類中訪察高等動物之演化祖先。若干種魚卵外有含水之膜，作保護之用。一切兩棲動物之卵均有此種膜，顯為防禦暴敵而設。有數種兩棲動物之卵膜含黏性，須待遺於水中後，始攝得充分水分。有數種兩棲動物產卵於陸上，以泡沫遮蓋之。泡沫隨變

爲液體，供卵於其中發育。有一種之牝能穿地成穴，遺黏質於其中，以足踏之，使成泡沫，然後置卵。待卵發育，而泡沫變爲液體。

此爲母體供給水分，足供卵發育，至於完成之需。尙有他例亦如此。卵白似係從某某數種魚卵之含水保護膜所傳下。研究家可於較低生物上，察出某項新結構初次發現，而後來升至較高生物體上，遂變爲重要部分。魚卵外之簡單保護層可演進而成甚重要之卵白。有卵白後，便可不復依賴外來之水，遂能繁殖於陸上。故探究家可先討論演化甚高之雞卵，再進行訪問魚卵上不惹人注意之膜層。亦可逆行之。卽於較高生物體上，訪求固留不褪之原始特徵。若卵白果係從含水保護層傳下者，則或仍具有顯明保護作用。約瑟泥丹謂兩棲動物卵中膠質甚善於抵抗細菌，而卵白亦有此功用。卵白中遺留至今之保護功用或仍足防禦傳染病也。

鴨嘴獸與鯪鯉等奇異動物之卵具有奇特性質，足以闡明卵之一般演化。鴨嘴獸與爬蟲及哺乳動物均有類緣。在演化階梯上，殆居兩者之中。此獸產卵，惟待卵孵出後，仍飼之以乳。其乳腺並不發達成普通哺乳動物之乳房狀。其哺乳時，乃仰臥於背，待乳液自皮孔滲出，聚於一凹處，備其雛吸

食。此獸不似完全哺乳獸。不能保其體內溫度不變。格累謂其卵並無真正蛋白質層或卵白。此卵大部分皆殼。方自卵巢流出時，直徑約二耗。及其順卵管而下時，便大脹。直徑竟達十四耗。即容積增大三百倍。卵在卵管中時，當然吸收不少水分。鴨嘴獸卵之攝取水分，乃自母體卵管壁上直接吸入殼內，與爬蟲產卵後覆以液體者，大不相同。雖在兩例皆賴母體供給額外之水，特鴨嘴獸之輸送法較直接較進步。及至高等哺乳動物，而此法更演進。蓋母體自血中輸出水分，直接授與體內之胚，而不復授與卵矣。格累斷定陸棲脊椎動物大約係自魚狀遠祖傳下。遠祖之產卵管之壁能分泌一種水狀液。此液初作卵之保護層用。嗣後則因能保障卵得充足水分，使其易於陸上發育，遂變為陸棲動物必備主要特徵之一。

吾人廣察各目動物之卵之灰分與水分，因知若從化學方面比較而研究之，可闡演化過程上新景象。徒求形狀上相似點，如若干種海產動物之卵殼外之水狀層，與雞卵之卵白即相似，固不足常為演化上關聯作左證。形狀之外，猶須求其功用相沿不變；或即使有變，亦必遺有迹象可追溯者。吾人研究卵之化學，因知留意於器官與動物體之各部分之功用方面，欲探討彼等所司何事，並如

何執行之。自各方面觀來，化學即論燃料之科學。因一物質與他物質化合時，常放熱或吸熱。吾人研究化學時，自然而特加重視。動物自呈與蒸汽機相類似之一現象。動物體內諸物質發生反應，猶如機內燃料燃燒。故自化學方面觀察，得見動物內裏充實之景象。

各等級之卵之脂肪成分呈現各種特異點，足以引人入勝。論脂肪對蛋白質之比，陸棲動物之卵大抵皆高過水棲動物之卵。例如雞卵脂肪之重量約同其蛋白質之重量；青草蛇 (*Grass-snake*) 卵之脂肪則多於蛋白質四倍；而龜卵之脂肪僅得蛋白質之半；鱈卵之脂肪更少至僅有蛋白質之十二分之一；鱒卵八分之一；蛙卵不足三分之一。角鮫卵與鱒卵之脂肪較多。前者脂肪之多等於蛋白質，後者亦達二分之一。俄人所食魚卵即以鱒卵為主。故特豐腴也。

脂肪成分高，猶如水分高，或即水棲動物所以能蕃殖於陸上之特徵之一也。水棲動物既習於水，及其登陸，欲求適應於新環境，自必須設法能於發育中各階段上，皆取得充足水分。不獨此也。陸上氣候，寒暑燥濕變化極多，遠較水中為酷烈。故更須準備適應於此種新情形。約瑟泥丹書曰：水棲動物至是，不復能產卵於廣遍恆溫器內，使胚得在固定溫度、壓力、氣體成分、鹽分等下而發育。海洋

中環境極少變化，視淡水中尤少。故海棲動物未能適應於陸地以前，或先行適應於淡水以爲過渡。淡水之溫度與組成遠不如海水之恆定。淡水之量亦遠不如鹹水之多。雨水灑布於地面，僅成薄層。及其滲透地下，穿過各種岩層，於各處溶解各種鹽類。淡水爲量既少，距地面又近，遂易受激烈溫度變遷。至於海水爲量太大。雖累積數百萬年，其成分變遷仍至微，不易察覺。因江河輸入淡水，挾來鹽分太少。在較短期間，實不能呈示何等效應也。觀於上述海棲動物能適應於淡水中者，如彼其少，可知淡水環境之酷烈。離海之動物須有能抗新酷烈氣候之卵，始爲合格。故若卵中早備保護特徵，爲移至陸上仍能發展與適應者，則該種動物方能遷出海洋。有堅殼或韌被之卵，內藏充足原料者，如卵白多水且能抵抗病菌，又多脂肪，則胚易於在陸上發育。或在初期，竟非此不可。其卵外覆被蓋能防內部必要水分蒸發過多也。惟內容豐足外層堅固之卵又難解決內部問題。則以必須產出之胚不復多賴，或全不賴，外界援助與供養，始可。又須能取用豐富內能，以完成綿長複雜建設過程。脂肪既爲最善生熱之燃料之一種，則發達較高之動物之卵應多含之。約瑟泥丹曾列一表，專載各種魚每年產卵數，與脂肪對蛋白質之比數。試觀卵中脂肪成分，與天賦自衛能力及天賦母方將護能

力之程度，若何相關，實饒趣味也。

(表中數字據約瑟泥丹所徵引)

魚名	卵產後之位置與情形	脂肪對蛋白質之比數	每牝每年產卵數
鱈	隨意散布於海中	$\frac{1}{2}$	9,000,000
鯉	混亂於水藻等間	$\frac{1}{3}$	400,000
鮭	大卵產於淺水砂礫間挖成穴中	$\frac{2}{3}$	2,000
鱒	大卵產於淺水砂礫間挖成穴中	$\frac{2}{3}$	2,000
角鮫	有堅囊寄碇於海藻上	$\frac{1}{10}$	10

魚卵受保護愈周，則產數愈減，而脂肪愈增。保護周密，脂肪豐富，為胚發育綿長與複雜所必備條件。不然者，魚必產甚多卵。庶幾按或然律，可得若干存留也。

雌魚洩出卵，待雄魚射出精以授之。精與卵即在附近水中相結合。動物離水遷陸，須具備特別器官或機構，俾其卵與精得相結合。故陸棲動物必具交尾機關。古代神話中司交媾女神，名阿富羅

底判第摩斯 (Aphrodite Pandemos) 卽作伸出海水狀。約瑟泥丹謂若作伸出地上狀，當更確切。交媾機關乃爲陸棲生活條件而進展者。他如排洩機關亦經過相似變化。其自給程度甚高之卵，如雞卵之內容物，乃在幾乎與外隔絕之場所內發育。此禁錮場所中，至少爲固體與液體所不能透入。而全部複雜化學變化皆須於此間舉行。至於氣體可以穿過卵衣卵殼。又有若許水蒸氣亦可透入。但未氣化之液體與固體則不得入。似雞卵等內外幾全隔絕，而其內之胚舉行化學變化，有條不紊，得不可怪。試以卵殼內諸工作，與化學實驗室內諸工作相比較。化學家陳列諸多瓶甌與水口。液體自彼中流入小試管，或反應室。爲量多少，常屬不知。各方檢齊多種化學品，投入試管爲集中處。化學家取用反應劑，能等時，儘可予取予求，不計其量。卵內物質則就彼等自身間，執行大部分反應。而此等反應乃已完就之化學組成之一特例。

卵內主要材料爲蛋白質，鹽類或灰，碳水化合物，脂肪與水。此等原料製造胚時，所棄廢材極少，而非絕對無有。試觀人體內化學實驗所所用方法，浪費至何等程度，吾人便不期待卵內每一原來化學原子，皆盡其用，而不落空。最完美之卵當似機械謎具，或幾何謎圖。其中拆散部分可拼成另一

具或圖。卵中原有材料之原子重行排列成胚。其完善程度至足驚人，惟仍不得謂爲絕對耳。此現象爲生物學上最動人現象之一。卽其不完善方面亦能引起特別興趣。脂肪、碳水化合物、灰與水中之原子，得殼外吸入之氧相助，能按化學過程，重行排列至甚完美程度。惟蛋白質一方面因含遲滯不活潑之氮原子，故其原子重行排列時，不甚完善。卵內蛋白質變爲胚時，不能盡成有用物質，而必生若干種廢物，內含不合用之氮。此氮隨後積成氨，尿素與尿酸中之成分。氨係氣體化合物，僅含氫與氮，極易溶於水。尿素含氫、氮、碳與氧，亦能溶於水。尿酸所含元素雖亦同尿素，而結合狀況較複雜。僅能略溶於水。據約瑟泥丹與他人驗得，雞卵內氨、尿素與尿酸之產量並不按固定比例。若計氮量佔胚乾時重量之百分數，則至少自孵後第四日起逐減；迨孵出雛時，幾減至無存。尿素則自第四日起始得發見；迨第八九日，而達最高量。尿酸則自第八日起，始得發見；迨第十一日，而達最高量。此等數字皆指氨、尿素與尿酸對胚乾時重量之百分數之變化。但胚愈長愈重，而尿素不生則已，生則較氨爲速；尿酸不生則已，生則更較尿素爲速。故在孵化期內，每種產量隨時變化，相差竟甚大。實言之，胚在發育期中所排泄之氮，有百分之91.35，乃在尿酸內；7.58，在尿素內；1.07，在氨內。惟在第四

日，泄出之氮祇歸於氮；第五日限於氮與尿素；第七日尿酸產量猶極小也。

約瑟泥丹綜括此等結果作表如下：——

物質	胚發育期內泄出氮總百分數	產量最高時期	化合物內氮百分數	化合物之分子量
氨	1.07	4日	82.3	17
尿素	7.58	9日	43.6	60
尿酸	91.35	11日	33.3	168

胚在初步發育時，排出之氮含氮特多，而構造簡單。在第二期內，排出終結產物(end-product)構造已較複雜。最末期內，排出尿酸為主。其構造更複雜。其後雞或他鳥長成，即攝用此狀之氮為主。約瑟泥丹曾審察關於各種動物之排泄產物之性質之說，而作一比較觀，饒有趣味。彼謂初治生物化學者輒問：何以有若干種動物如人與哺乳動物排泄尿素為主，若干種氮為主，若干種尿酸為主？彼謂彼等以為合理答案尚不可得；惟彼自信有一說尚可通。

尿素在雞卵內不能居主要排泄產物之列，因太易溶解，且太易擴散，不宜於在不透漏之禁錮

中組織生命。尿酸則較適宜，因其較難溶解，且善株守在有限制空間。若終結產物不甚易溶解，且不甚活潑，則生命較易維持多多。此尿酸或其不溶解鹽類一旦積存於某處，即不太易於解除。此則患痛風症者所知也。蓋尿酸或尿酸鹽結晶停滯於關節間，不易溶去。雞胚之能利用尿酸者，另備大規模水運辦法，以爲代價耳。菲斯克 (Fiske) 與波伊登 (Boydell) 算得第十一日尿酸初現，祇達千分之五克。即須由全卵內百分之十五水分往遷運之，使離胚而擱置於一隅，不能復爲害。如是多水，祇能溶解如是少尿酸也。

假使雞胚以尿素爲主要排泄終結產物，則尿素易溶，將漬浸胚組織於其中。其濃度約爲每一百六十五麩內，得胚一百克。人類血液正常時，每一百克含尿素二十五麩。若腎部阻塞，或患腎炎 (nephritis)，則增至一百麩以上，甚且達三百麩之多。惟一至一百六十五麩，已呈病徵。故雞胚若用尿素爲排泄媒介，將如約瑟泥丹所云，在成雛出卵前，長患頭痛，並感其他病苦。雞類將不能逃天擇之例，恐已不復能供吾人大嚼矣。然雞胚早選定尿酸爲排泄媒介，因得免淘汰滅亡。上文曾言，蛋白質對脂肪之比，在水棲動物卵中，遠過陸棲動物卵中。水棲動物胚之攝取生長必需之化學能，乃多

自蛋白質，而不自脂肪。例如雞胚所得能，有百分之九十來自脂肪之氧化，而蛙胚則百分之七十來自蛋白質。蠶爲陸棲動物。其卵所得能有百分之六十來自脂肪，而歐鯨 (Platice) 卵則百分之九十來自蛋白質。動物自水遷陸後，其胚恐即被迫而棄蛋白質，改用脂肪爲燃料。因蛋白質經燃燒後，所產物遠較脂肪產物難於排除。若雞卵既內外不透漏，排除上多困難，遂改用尿酸爲排泄媒介矣。

最初升陸而蕃殖之動物，乃賴產生適合環境之卵以成功。其後更進一步者，演爲胎生，使胚與母體間能藉液體以密接相通。至是而改用尿素爲排泄媒介。哺乳動物胚能縱其含氮糟粕入於母體血中。此實等於由母體備一液體環境，以代替昔日爲魚時常守不離之原始海水。哺乳動物胚既得液體環境，遂能利用可溶尿素。執此以解釋魚類爲何由尿素排出蛋白質中含氮廢物，而鳥類與爬蟲由尿酸排出之，哺乳動物復還至尿素，蓋亦可通。動物能征服陸地者，賴有不透漏之卵；而此又非藉尿酸爲排泄媒介不可。早先地質時代中所存動物，若無尿酸排泄系之發明，未必能離海遷陸。惟此尚不似必需者耳。初期兩棲動物欲升陸殖民，必須演成不透漏之卵，或胎生機關，以便產生已成形體之苗裔。後一演化途徑雖爲吾人所能想到，然兩棲動物則以擇取前者，以爲達到哺乳動物

等級之捷徑。

惟運用尿酸排泄系，亦有不便處。氮本身爲一富有效應之終結產物，因其含氮成分多，又不挾碳與俱去，其構成時亦不須吸收多量能。尿素本身不若氮之有效，因其挾氮去時，同時更須挾半量碳與俱去。且其構成時，須吸收能兩倍於氮。尿酸本身又不如尿素，因其挾去等量碳與氮，且構成時須吸收能五倍於氮。

至於一種動物究竟係賴尿素抑尿酸，則似以胚期生活之環境而定。人類長成形體後，排泄尿素爲主，因人胚能用尿素，尿素固較尿酸爲有效力也。鳥類則排泄尿酸，因其胚不能用更有效之尿素也。

何種動物乃用甚有效力之氮，何以又祇限於彼等？

約瑟泥丹曾搜集關於動物尿之組成之諸結果。今摘取若干可爲代表之數字，列表於下：

動物種類	在之環境	排氮時所藉物質，與尿中總氮量內所佔%		
		氨	尿素	尿酸
原生動物 草履蟲	水	—	90.0	—
一種顯毛蟲 (didinium)	水	90.0	—	—
蠕形動物 海毛蟲 (sea-mouse)	水	80.0	0.2	0.8
蚯蚓	陸(?)	20.4	38.1	極微
昆蟲 蠶	陸	—	—	85.8
腹足動物 (gastropoda) 海兔 (sea-hare)	水	33.5	8.7	4.6
黑蛞蝓 (slug)	陸	4.6	70.8	6.9
魚 角鮫	水	7.3	80.7	0.2
鯉	水	56.0	5.7	0.2
箬鱸 (sole)	水	53.0	16.6	—
肺魚	水	41.2	18.5	0.8
兩棲動物 蛙	水	15.0	82.0	極微

爬蟲	蠍龜 (turtle)	水	15.3	39.0	18.8
	鼯	水	75.3	7.2	13.1
	龜	水	—	90.0	極微
	蛇	陸	—	—	80.0
	蜥蜴	陸	—	—	91.0
鳥	雞	陸	1.5	0.9	70.0
	鴨	陸	3.2	4.2	71.9
哺乳動物	人	水	4.3	87.5	0.8
	鯨	水	1.5	90.0	3.0
	單峯駝	水	12.3	55.5	0.3
	犬	水	3.0	89.0	1.0
	一穴目 (mo otreme) 鱧鯉	(?)	6.9	81.2	—

自以上諸數字間得知原始海棲動物多偏重於用氮，而較高海棲動物則偏重於用尿素為排

泄媒介。水棲爬蟲側重尿素，而陸棲爬蟲側重尿酸。鳥類亦用尿酸。較高哺乳動物則用尿素。

最原始動物初用氨，後改用尿素。尿素本身不如氨之善除氮，而彼等改用之者何故？蓋氨鹼性太強。若排除不速，必須另製酸以中和之。欲從速除氨，而不藉助於另製之酸，則動物構造須簡單，使氨隨成隨直接擴散，入於緊鄰處無盡藏之水中，方可。此等簡單結構，惟最下等動物方有之。較複雜動物即須另製輔助酸類，專司除氮，別無他用。氨之鹼性過重，既須另備酸類以解除之，則此方消耗將減低氨之除氮功效。故大多數水棲動物不久即改用尿素以排除氮矣。及此輩中有若干種類初升陸奪地盤，又改用尿酸，因如是方可借重不透漏之卵，以保衛發育期中之胚，不致受陸上酷烈氣候之害，且以屯儲糧食也。此尿素與尿酸間之過渡發生於爬蟲間，又發生於先爬蟲侵陸之昆蟲間。昆蟲與爬蟲初侵陸時，曾遇相似胚胎學上難題。彼等解決其中若干題時所用之方法亦竟相同。此即生物學現象中所謂歸聚 (convergence)。當若干甚不相同之生物，因所遇演化情形適相同或相似，亦能循相似途徑，而並行演化也。

動物界曾用氨，尿素，尿酸，已而復用尿素，以爲排除生長過程中含氮廢物之媒介。此等更動即

應合於演化各階段。用氮為最幼稚方法，用尿素較進步，用尿酸更進步。此數者必須相隨。除非母體內胚之生長辦法已演化成熟，此時胚方可拋棄可溶糟粕於母體血液中也。

吾人研究雞卵內氮、尿素與尿酸之產生，因知雞胚在初生數階段內，用氮供排泄，在中期藉尿素，在後數階段則賴尿酸。此為生物學上所謂約復 (recapitulation) 現象上最驚人之一。哺乳獸胚發育時，經過若干階段。其中有狀似原始動物、魚類、下等哺乳動物等等之各步驟。此學者所悉知。在演化各階段中，生物質取用各種機構，而其約復之舉則發生於胚之化學機構之進展中。不獨生物質之形態學方面確呈有約復現象，即化學方面亦信有之也。

前人雖已比較胚之排泄之化學觀而研究之，亦曾獲知種種化學事實，惟迄未明其重要。直至約瑟泥丹始能解釋了然。至於對於尿酸排泄系之存在，前人竟全無能說明者。約瑟泥丹謂多種陸棲動物，若不因有此系存在，不能演進至於今日。

三

胚發育時重行經過前輩之幾何形狀與化學機構。此事乍觀之，為生物學上最驚人現象之一。

最複雜哺乳動物似係一奇特演化途徑之產物；每種動物又似所有前輩逐漸演化而達之最高境。假使胚之發育嚴格遵守約復原則，則演化之路線應祇有一條而已。且相當於線上任何特別指定之點，亦祇可有一種動物。此理想線一端相近之某點祇可對應於一種動物，例如變形蟲，而不可再代表他種動物。沿線再進，又得一點，必對應於另一種或一類動物，例如魚。再前，又一類，或一種，例如犬。在此後列一點，祇有一種動物，而非結構全異才能全同之一羣不同種動物。所謂完全約復現象，暗指須遵一條進路而演化發展。如此遂大加推進生活過程之獨特性。至於認有衆多路線，皆能造成一動物，具有犬之才能者，此概念亦不得謂為不合理。即假設雞卵內物料能循多途中任一途而發育成雞，亦不為不合理。卵中胚發育時，實接連改換若干形狀。其中有一極似魚。胚何以須按部就班，歷過此若干成標準次第之形狀與化學機構？似暗示生物質乃限制遵循一條主要路線而演化。且正在演化中之生物必須取用其祖先所建設之形狀與機構。此約復之所以為驚人現象也。此種見解既暗指演化進行線為獨特，為唯一，則觀察人易於聯想及於一唯一實在，謂與一唯一路線相屬，遂想像演化過程有如一抽象實在，即名為生命者，沿一唯一路途旅行，而穿過此物質。

世界云。若此獨立抽象實在於其所已布下之舊路上，退縮而重行穿過物質世界，如自人位返至變形蟲位，則對於來時所經每一點，皆能憶起，遂立即自行改組本身，使形狀與過程皆摹倣當初過此時之式。故在完全約復理論下，胚胎學成爲老祖先遺像館。當此理論最盛行時，衆胚胎學家查察胚胎之發育階段，欲尋人類祖先之遺容。

其後有人斟酌胚胎學上事實，證明前人對於約復理論奢望過度，所說不盡可信。試使觀察人放棄相似點不顧，而專注於完全客觀描寫，則將見有相似點之胚常具相異點，且爲數反多過相似點。故約復理論祇一部分可信。既祇可執以敘述粗略復現點，則其爲說已不若前此神奇。所謂有抽象實在稱爲生命者，遵演化路途而行一觀念，變爲空虛。至於精氣論派思想家 (animistic thinkers) 欲想像生物爲外界精靈所導成之物質形狀，更不能乞靈於約復理論。雖然約復派所持之較完全概括說詞固不真實，胚期中復演事件成羣，自有相當重要性爲不可沒也。生物學之主要問題即以尋發生物組織之機構爲事。故此問題之一部分自屬胚在每一發育階段中，形狀與機構之產生問題。衆多羣原子若何組成生物體，而含有各種性質，或爲生甫十日之雞胚，或爲犬，或爲人中教

授在此組成生物體一概括問題內，胚發育時何以又有不連續份子，如復現或重演現象所示者？總之，關於生物之組成，吾人所知實至少。哲學家對本問題特好為種種推測者，殆因此故。凡無進步之科學皆理合激勵臆測，因非此不足以發明探討方法，以援出無進步之域，而登諸有進步之境也。即臆測家亦常嗜此等科學，因其中缺乏事實為底料，遂使謬誤見解愈難推翻也。

學者研究生長中生物之化學，則將對生物質之組成之魂靈理論，減少信仰。因學者集中其研討精力於內部結構與功用也。凡徒事研究外形者，最易犯某某種臆測之弊。須待改向形態學以外加意，始獲免此。至是而學者不復求充塞空形狀，使之滿盈，惟改向內結構與機構上研究時，亦自引起另一派哲學觀。今日能供獻確鑿新知識之化學胚胎學家，大多數皆信生物質之組成之性質，與非生物質之組成之性質，並無甚主要差異。惟前者較複雜。因較複雜，遂使較簡單物質結構上所無從見之諸效應，得以發生。據此說，生物質之結構與機構，分析至最後，乃隨原子與分子本身之自然結構而來。至於原子之結構組成，又賴物質、空間與時間之基本性質而定。實驗家訪求胚胎與生長過程上化學新事實時，自然易於執生長與組成之性質，與本人所用以工作之媒介，相提並論。彼疑

及生物之形狀與機構，乃生物所含原子之性質所產生，彼推測此等形狀與機構之性質，以爲即依據生物質內原子與分子之形狀與相互作用，而制定者。

凡向生物組成問題上鑽研概括事實者，至少有二途可出臆測之疑雲，而攀登些微鞏固基礎上。一途即斯佩曼(H. Spemann)所關「組成子」(‘organizer’)一方面之研究，一即利用X射線以探討生物質之結構之方法。此後者乃用X射線以分析結晶之結構一方法之旁支也。在英國，已由阿斯特柏立(W. T. Astbury)用X射線照像法，以察驗生物質之結構，而進步昭著。

一九二四年，斯拍曼與喜爾得曼哥爾德(Hilde Mangold)發見幼胚體內有數區，能控制鄰部生長時之組成。若自此區內割出一塊組織，接於另一胚上，使相貼合，則此組織能部署其新環境上周圍諸細胞，使成一相當完全新胚。例如截下之組織可以移植於一胚之腹部上。此組織在彼，除部署其本身細胞外，並部署胚腹皮內鄰近細胞，以構成一完全之頭。

如此用人工造成之畸形，亦具有完全正常軀體，特腹部中段另生一頭。奧多曼哥爾德(Otto Mangold)爲斯拍曼派領袖之一，曾屢屢檢驗蛙之卵與胚，彼曾截取一生甫二日之胚之腦細胞

一部分，而移接於另一胚之胸部。此等腦細胞竟與寄主胸部皮膚同化，而淪浹爲一體，亦成胸部正常組織之一部分，不復保存原來腦細胞之特徵。若取生後四日之胚之腦細胞，則雖仍能生長於寄主皮膚上，已不復與之聯合同爲皮膚細胞矣。彼等仍保持固有腦細胞特徵，而長成一腦。此充寄主之胚遂於胸上多載一腦。四日胚細胞移植後，除照上述而行外，更有一絕驚人之功能。彼等竟能使寄主胸部皮膚內細胞助其產生完全新細胞，相當於腦中未曾移來之各部分。例如所移植者適爲目所從出之胚細胞，而未及於相應於頭部其他官體之細胞。迨胚胸上生出額外一頭與腦，其中衆官體悉備。初不問官體之原始細胞曾隨來與否也。此文所述諸實驗，係自一胚之腦截取細胞，移植於另一胚之胸。故原來位置與寄附位置不相同。若交換兩胚之同位置細胞，互相填補，則兩胚皆能照常生長。移植後細胞可使新環境內相近細胞亦從其行徑，共同構成器官與肢體，爲無外來細胞時所不生者。此種誘導力或指揮力初藏於卵內胚之外層。迨胚發育而此誘導力移入內層組織。實驗所用蛙卵有一小槽。槽旁隆起之脊似卽藏有指導胚之生長之細胞一大部分。若剝去之，胚便不能成形。

又若以卵接卵，所得結果亦饒興趣。一卵受精而始生長，不久即裂成二細胞，如啞鈴狀。每一細胞復分爲二，共得四細胞，交成十字架形，吾人可取兩胚皆在啞鈴狀時，而接合之，使成一十字狀胚，共含四細胞。如此接合後之胚可發育成一特大正常胚，亦可成一三歧胚，甚或四歧胚。若取不同種動物之細胞而接合之，則造成怪胚，可兼一種之有色腿，與另一種之畸形腿；諸如此類。

斯佩曼取不同種動物之不同色胚之組織而接合之。及其於寄主體上長成新胚器官，或寄客與寄主相合後，可從原移植細胞與寄主細胞雙方色彩差別上，察見生長期中兩種細胞仍各自爲政，界畫井然。

布刺拆特 (Brachet) 示明，含有誘導力之組織碎塊，須繼續與周圍細胞密接，方可生效。若於外圍組織近誘導碎塊處，割裂之，則誘導力無從跨隙而過。裂口以外之細胞便不能被組成一頭或一脊椎。故誘導碎塊乃自爲一實在體；須遇細胞與相接觸，始能傳出。其傳出時，擴散於組織中，猶如一種流體焉。

此項傳達亦需相當時間。斯氏察得愈近誘導碎塊處之細胞愈早受指揮。

一種動物之胚上之一誘導碎塊既可接合於一異色異種胚上，可見所謂組成子即誘導份子並非隨種而別。吾人初以為能使一種動物之細胞組成足以代表本種之型式之主動力，應與其他一切動物所有之此種主動力相異。蓋尼茲 (Gairns) 欲深究此問題，曾取相異程度逐漸增高之各種動物之胚，而試接合之。因知不同屬，即型式相異至頗高程度之動物之胚，移植後仍有效。胚內特別區所具組成力不必定由本區內原有組織直接發出。即以他方組織移入此等區之一之內，亦將取得此組成力。

此組成子可保持其效力頗久。曼哥爾德發見自由游泳之幼蟲，即已過胚期之動物，之腦之一碎塊，接於較幼稚胚上，仍能自後者之細胞內組成形體。幼體細胞之組成路線既早已預經派定，則後來組成子顯似無參加必要。然彼仍儼然存留。

此組成組織雖受最酷烈之摧殘而不失其組成力。如受麻醉，榨壓，暴曬，冷凍與烹煮，終不失其一種主動力，即仍能指導鄰近細胞，以組成形體。和爾特夫累忒 (Holtfreter) 證明蝶螈胚之若干部分本無此組成力，然一經煮過反有之。

當一羣細胞被組成子所劃出，專備發育成一器官之用後，雖被移出胚外，祇須得有適宜滋養料，仍將繼續發育成該器官。斐爾 (Fell) 與魯濱孫 (Robinson) 曾自雞胚上取出未來腿骨之細胞羣，置於玻璃器內，飼以滋養液。細胞羣初作不定形之一團，蓋猶在先期軟骨狀 (pre-cartilaginous)。其後逐漸長成真軟骨，略具有骨，作腿骨狀。斯坦基威斯 (Stange ways) 與斐爾 驗得雞胚之肢胚割離後，雖蓄以滋養媒介物，其各部分仍難以發育。惟目胚則割離後，其各部分仍能照常發育，特不能增大幾許耳。

瓦丁吞 (Waddington) 約瑟泥丹 與底泥丹 (D. Needham) 曾壓榨蝶螈胚之組織，組織仍不失其組成力。彼等自其中提出純淨精華。組織內之細胞之結構完全被壓毀。其中顆粒與他渣滓，則用離心法除去之。所謂離心力機作一鼓形，能疾轉。液置鼓中，液中重粒皆被拋向鼓邊。待其停積淨盡，而液已清。若傾此清液於熱板上，可使固結。試植此固體於長幼適宜之胚內，將組成新細胞。若以無水硫酸鈉與蝶螈胚組織同碾碎，再加石油醚 (petroleum ether)，則溶液即具甚強組成力。又自長成蝶螈之內臟，按同法製成含石油醚之精華，亦顯有活動力。此與曼哥爾德 所示幼

體或後胚期動物，仍保留組成子者相合。瓦丁吞，約瑟泥丹與底泥丹曾試植瓊脂 (agar) 與雞卵白等於胚內，視其亦能產生組成力否。結果爲不能生。足見用胚之純練精華植入時所得結果，並非由於機械性刺激，非由於移植時之割裂與刺戳等。彼等因斷定，兩棲動物如蠓與蛙等之胚內之組成子，乃一種確定化學物質，能溶於醚，且大約帶脂肪性質。

故能指導胚之細胞按母體格式而自行排列之組成子，似爲一種確定化學物質，且或爲一切動物所共有。苟無此物，則胚長大不成形。此組成子不似強迫細胞，按一頭，或一脊軸，或一目之格式而生長。細胞本身似自有其生長力。組成子祇觸發細胞之動作，俾其得按正當格式而生長耳。

將來吾人當可於實驗室內製備此強有力化學物質，藏之瓶內，與各種刺戟素 (hormones) 與生活素相並列。此等刺戟素與生活素固已有盛以瓶，標以籤，陳於實驗室內架上者。雖由科學家觀來，猶不能不稱奇也。

組成子蓋自始即在胚內，惟初猶蒙蔽不露。試趁卵未分裂以前，煮以沸水，則組成子竟能脫離。在正常狀態下，新胚於第二至第四日間，自行釋放此物。故當某一期，乃由化學作用督察胚體之結

構也。若化學過程不中式，則胚不成形。

至於化學物質何以竟有如此可驚組成力？此組成子之分子之結構大約可供間架之用，而容細胞團集其上。磁石能理順散亂鐵屑。此化學組成子或亦類此，而理順一羣頗散亂胚細胞，使改趨一定方向。哈第（W. B. Hardy）曾討論某種分子之特性，蓋能自行順列成鏈狀，以便施展其效力於遠方。阿斯特柏立探究纖維之結構，因提出問題，關於生物之形狀與生物所由造成之化學分子之形狀間之關係。今於下文，敘述阿氏探討所得。

四

刺得福德曾謂，一八九五年鑾琴（Röntgen）發見X射線，為最近物理學上最足鼓舞人心之新發見。從茲增一新物理動力，其性質視前所有者完全不同。遂使物理學家於心理論理兩方，受深重一擊。彼時十九世紀物理學家方困於陳腐概念中，不能超脫其向有考察理想力。至是X射線突顯新主動力與新現象之境界。得此為助，尋即證明有電子存在。更於企圖發見其他與此性質相似之射線時，發見放射質。X射線之最奇特性質即在能貫穿物質。於是立登醫學應用之場，而奏奇功。

雖一時研究之士蜂起，竟無從窺破X射線之本性之究竟。直至十七年後，即一九一二年，勞亞（*Foran*）始證明其為波狀輻射物，與光相似。惟波長特小，以其能顯示波之干涉之特別效應也。凡波自平行罅隙通過，或反射，及波列（*wave-trains*）再出，彼此遂干涉。試導一柱光投射於一紙片。片上劃二細縫，或穿二針孔，均須相傍。再置一屏於片後，相距適合，使接受被照亮之針孔處發來之光。則生一像，明暗條紋相間，而正對被照亮之孔之點竟可變暗。閱圖二七，可以知其然。

A與B表片上之孔，C為屏上正對A之一點。有一部分光自A與B同達C。若AC距離合宜，使A處來之光波，振動五又四分之一次，而抵C；同時B處來之光波，須振動五又四分之三次，方抵C，因BC長於AC。故B來之波至

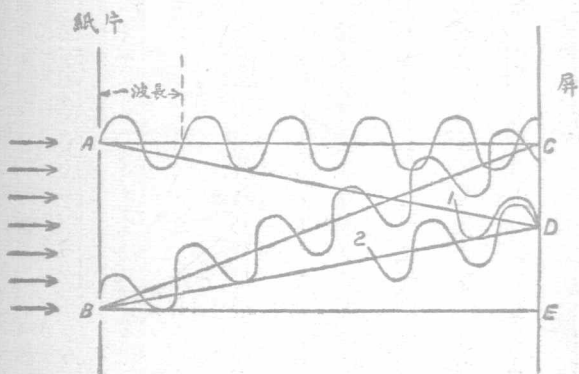


圖 27.

○取谷之位置時，△來之波至○，適取陵之位置。○處一質點受此二波相反作用，將被曳向兩對方而去。兩方曳力相等，質點停而不能振動。則○點應暗。反之，如D點即應明。因△D等於BD，兩線上振動次數相等。兩波到D時，同向一方而動。D點遂呈強光，較單受△來光或B來光時，明亮四倍。○之爲明爲暗，乃視△C、B、C兩距離與光之波長間之數之關係。欲使○處暗，須使△C與B、C間差半波長。即如圖中所示 $5\frac{1}{2} - 5\frac{1}{2} = \frac{1}{2}$ 波長也。若片與屏間之距離已固定，而波長較小，則明暗點交錯而立，相距太近，不能辨清。故兩孔間距離AB須極小。當X射線初經發見後，實驗家試作相近小孔，欲導X射線通過，而生明暗干涉現象，皆無法使二孔或成對之孔極相密邇。用平常光線可得清晰干涉效應，一易X射線便無所得。後勞亞悟及天然結晶體既係由原子排作整齊行列而成，或可代替此種密接細孔。X射線遇之，或亦如光線遇針孔。勞氏試驗成功，遂證實X射線之波狀本性。於是聚訟紛紜至十七年之久者，一旦判定。勞氏匠心獨運，舉行此著名實驗，欲以決定X射線之本性。其動機蓋全由純粹理論興趣而起。但結晶體既能佐證X射線之本性，則X射線應可闡發結晶體之性質。布刺格兄弟 (W. H. Bragg, W. L. Bragg) 即推廣此應用方法。馬耳克 (H. Mark)

更藉此法，以檢驗工業上所用動植原料之晶體結構。斯逢斯勒 (O. L. Spensler) 與阿斯特柏立 尤勇於用此術。以檢驗生物所生諸原料。

當科學家未曾發明用 X 射線以檢視物質結構之方法以前，對於結晶狀態，認為甚奇特。彼時以為大多數物質皆無定形，即無構造規則。此蓋由於顯微鏡下所見為定。因有各種物質，雖在最強顯微鏡下，亦不呈整齊結構。例如皮膚，毛髮，皆稱為完全非結晶體，謂為分子亂擠而成，並無確定格式。自經用 X 射線檢視後，始知其謬。今日欲求全非結晶物質，即非不可能，亦至難得也。幾乎一切固態物質所含之組成結晶體，皆小至非可藉平常可見光以燭見。故雖從普通顯微鏡下窺之，亦徒然。至於 X 射線，則能暴露細微結晶體之有規則狀態，遠非顯微鏡可及。試於顯微鏡下窺一縷絲，並不見結構格式，祇見渾然透明而已。改用適宜 X 射線以照之，且照取射出後之射線之像，則見黑點排列成環。即干涉現象所致也。足徵絲纖維具有不可見晶體結構。絲含一種蛋白質，名曰生絲素 (fibroin)，乃自蠶之紡腺噴出。從 X 射線下之照像觀之，則絲非但非由生絲素結晶烏合所成，實由結晶按部就班排列而成。結晶皆依同一方向而順列，且與纖維軸相平行。又苧麻纖維之結構亦與此

相似，亦經 X 射線照像法證明。苧麻用以製席。此植物纖維由纖維素 (cellulose) 結晶按縱長排列而成。又棉纖維亦由微小長細結晶並列而成。惟棉纖維不直，而天生鬚曲，故其結晶不與纖維軸平行，而略斜欹，成一固定小角。此狀亦可從 X 射線下照得之像上見之。試拉棉纖維使伸直，則鬚曲者皆挺出，而結晶被掣，遂與纖維軸較近平行。此應變 (straining) 現象亦可於照像上窺見之。

故用 X 射線檢驗物質，可斷定其是否含有結晶；結晶如何排列，大小若何；與結晶聯合而成較大單位時，如何排列。

濕纖維與乾纖維在 X 射線下所呈像幾全同。足見水並不能攪亂纖維所聯成主要基本單位之形狀。蓋水被吸至結晶單位之間，而不入單位體本身之內也。

阿斯特柏立記苧麻纖維內結晶之大小，謂粗約五百萬分吋之一，長約十五倍於粗。一噸苧麻竟藏結晶一千萬萬萬之多。總面積大至十六萬三千方呎。故論吸水，纖維之內部表面較重要於外部表面，蓋不可以道里計。如棉等纖維能吸水至本身重量三分之一之多。羊毛浸水中，須十五分鐘之久始濕透。且用五氧化磷等乾燥劑以除羊毛中水分，須數日之久始淨盡者，皆以此也。纖維內

部單位結晶表面間分泌出水分子，甚難排之於外也。

X射線下所照得之像內，纖維之單位結晶作狹長形。長逾於寬約二十倍。纖維浸濕時，衆結晶各方皆外罩同厚水層，遂起奇特效應。設有一團纖維，成一小立方體，則其膨脹時，橫向應超過縱向二十倍，因橫方所有表面之數，多於縱方所有表面之數，凡二十倍也。衆結晶既成細長狀，遂使橫方表面密邇程度，過於縱方二十倍。試浸羊毛於水，待其完全滯透，則直徑脹大可達百分之十八，而長度脹出不逾百分之一。可爲明證。故幕索在濕空氣中應使放鬆，固不問繩索纖維之遇濕而伸長也。繩索乃纖維絞成。纖維沾濕便膨脹，繩亦隨之膨脹。惟絞成之螺旋體之半徑不能增大，除非其長度縮減，蓋其繞數仍舊也。

故未雨須先解鬆幕索，乃因索內纖維之結晶單位之形狀使然。可參照圖二八。

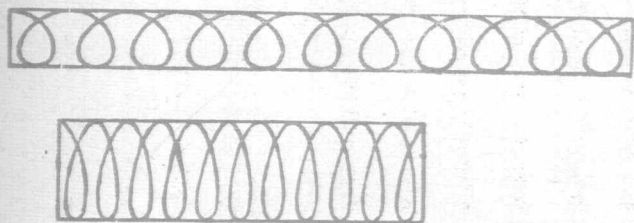


圖 28. 每一螺旋體內纖維之長約相等，惟粗螺旋體則較短。

五十年前，植物學家內革利 (Nägeli) 於檢驗某種動植物質之膨脹性質時，提出植物纖維內含長狹單位體之說，即錫名曰小活粒 ('micelles')。此名與雲母 (mica) 一名同源。雲母為一種透明物質，能抗熱，易於分裂成片。

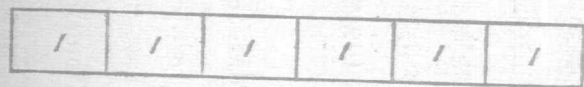
人造絲即由木纖維之長細結晶單位造成。先碎木使成細屑，成最後結晶單位狀，再調作濃溶液。然後逼之自細孔噴出，則衆單位復按縱列排齊，如自然纖維。於 X 射線下檢視之，可見其由細長單位構成，而具有纖維之特徵也。

植物纖維如木材，棉，亞麻，苧麻，大麻之主要成分為纖維素，化學家已察得此物質大約係植物自葡萄糖 (glucose) 中製出者。一葡萄糖分子失二氫原子及一氧原子，餘六碳原子，十氫原子與五氧原子為一羣。化學家分析纖維素，因知其中碳、氫與氧常按此等比數而存在。惟仍不能斷定一分子中究含此狀羣若干耳。據所能見及而言，一纖維素分子似含有不定數原子羣相繫結。故纖維素並無確定分子。其基本單位羣乃能比附成長鏈。植物纖維所以成纖維狀者，由一種化學物質構成。而此物質之分子結構固帶纖維性者也。至於碳、氫、氧原子合成之單位羣之大小，則可藉化學

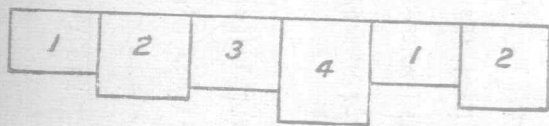
測量法以推定之。又可從X射線下照取纖維素纖維之像，以推算之。雙方所得結果相吻合。纖維素分子內原子羣聯成之鏈，長較寬約大一百倍。植物纖維內之結晶不過此等成羣原子啣接成鏈，再排比為整齊捆束而已。

動物纖維如絲，羊毛，羽，指甲，角等，則由鏈狀蛋白質分子構成。化學家驗得蛋白質分子乃原子羣啣接而成。此等羣常同長不同寬。故蛋白質鏈不如纖維素鏈之整齊。前者分若干橫節。節間距離雖有規則，但節間部分之寬度則不一。觀圖二九，可明二者之別。

蛋白質分子羣單位同長不同寬者有甚多種。故蛋白質鏈有種種不同造法。如圖二十九示四羣按1, 2, 3, 4; 1, 2, 3, 4; ……等次序而排列。然亦未嘗不可按1, 3, 4, 2; 1, 3, 4, 2; 1, 3, 4, 2; ……而排列。似此以四種不同單位羣而錯列之，可得二十四種不同鏈。若有十種不同單位羣，更可多至三百六十二萬八千八百種不同



纖維素鏈



蛋白質鏈

圖 29. 纖維素鏈與蛋白質鏈

鏈。然此種種蛋白質之化學成分百分數將仍相同。其所以不同者，將全依排列之不同耳。

自有機化學研究家與X射線分析法發爲此說後，生物學上又增一最饒趣味之觀念。

各種動物間之差別，或即由蛋白質鏈上各羣排列順序上之變遷而起。設有一甫經受精之卵，其染色體分裂時，一蛋白質鏈中各羣排列順序偶遇意外而改觀，則胚中一部分組織之基本範式將隨生變化。組織既按新範式而生長，及其成長最後完體，自成另一新範式，而具有新性質。此蛋白質鏈單位羣之改換順序，或即演化中一基本主動力也。

欲決定蛋白質鏈內單位羣排列順序，藉有機化學法頗困難。但將來或有新法較易爲力。現在用X射線以決定此等單位之順序，已稱較強有力方法。欲比較各種動物之蛋白質單位羣之排列順序，已漸非難事。此在將來且成新解剖學也。舊解剖學專究生物之結構。以目力與顯微鏡所及爲限。新解剖學則於舊解剖學所祇能見及之器官之較外露徵狀外，更進而探討器官之內藏結構。解剖學由來已久。向賴目力與顯微鏡以事窺測。今已用窮，不復能再有新補益。於是此門科學停滯不進，須待X射線分析法重振之，革新之也。

纖維有甚富彈性者，如羊毛；有不具彈性者，如絲、棉、人造絲。試引伸乾羊毛纖維，可增長三分之一而不斷。置冷水中引之，可增三分之二。若於蒸汽中，竟可加倍。惟在此三種情形下，拉後復縱之，皆能回復原長，殆與橡膠帶相似。又絲、人造絲與棉纖維，拉長後與未拉長前，所呈照像並無主要異點。可見拉長後，其結構上並無基本變化發生也。

至於羊毛則異是。其在引長後與未引長前，於X射線下所呈照像竟大不同。足見一經拉長，其基本結構便改變。兩方結晶單位大小不同。從X射線下照取拉長羊毛纖維之像，得見一極惹人注意之特徵，就本體而言，與絲纖維相同。羊毛纖維既達彈性極限，即不復能再伸。此時所呈照像又與無彈性絲纖維相同。故羊毛內部成晶體狀之結構，遇引伸而改變。若引長一羊毛纖維，釋回故態後，再照取其像，則見晶體結構又復原狀矣。

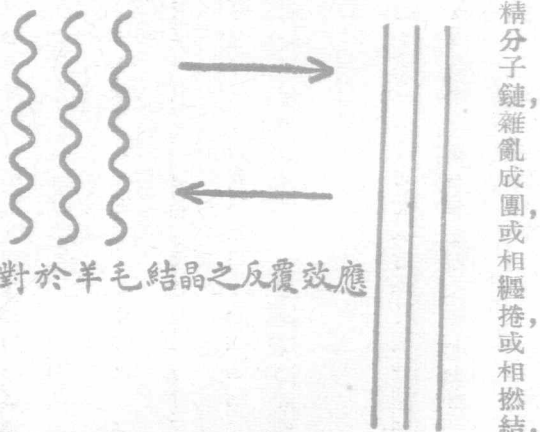
試檢驗橡膠，所見現象與此相似。未伸長時，在X射線下並不呈何等結構像。惟一經拉長，便呈極顯明結構像。故橡膠未經拉長時，乃無定形即非結晶性者；及經拉長後，變為結晶性者。橡膠之分子亦猶纖維素與蛋白質之分子，含有原子羣鏈。橡膠之鏈之基本羣名曰半松油精 (isoprene)，含

有五碳原子與八氫原子。未經拉長之橡膠含有半松油精分子鏈，雜亂成團，或相纏捲，或相撚結，全無規則。及橡膠被拉時，半松油精所成長鏈乃展放伸長，與鏈軸大略取平行方向。遂呈所謂結晶狀。橡膠可伸長至九倍於原身。以此可測量半松油精鏈之長度與柔順性。

羊毛纖維未經拉長時，分子乃雜亂無章，不成結晶形，且蹇縮不得施展。及被拉長，而捲者盡舒。拉後釋放，則舒者復捲（見圖三〇。）

絲與棉之結晶早已被拉長至極端，故此等纖維失其彈性。

羊毛與毛髮纖維之分子鏈平常捲而不舒，故有彈性。動物纖維所含分子鏈既有完全彈性，故纖維本



張力對於羊毛結晶之反覆效應

身自有完全彈性。此係根據X射線方面研究所得來之結論。大約用以解說皮膚與筋肉之彈性，亦可通。皮與肉受牽引後，皆能回復原狀，不留絲毫痕迹者，即由於所含分子鏈具有完全彈性也。阿斯·特柏立更引電之吸引力，以解說此等鏈之彈性。

蛋白質鏈含有原子羣。在衆羣之若干部分上，有陽電或陰電集中。惟每一羣所有陽電荷與陰電荷之和，必等於零。分子內電之分布既成此等不規則狀，遂可解說分子性質多種。因此一分子之若干部分乃受他物質之吸引。而其餘部分上，電之分布並非不規則者，即不受吸引。例如有若干種物質雖不與水相混合，而能平鋪於水面上。其分子一端有電荷，使之貼附水上，而分子餘部則不過問。

似此物質可自累衆分子於水面上成堆，猶如毯上衆纖維各附着於端點而成叢也。分子中之原子又因電荷關係，趨向於橫旁相貼附。此趨勢竟可強至足以使薄層約束水面。等於以一彈性外皮包水於其內。油層所以能鎮浪，此即其原因。油分子以萬萬計，皆有互相傍附之傾向。其總力甚大。故攪油於怒濤上，可以遏止之。返觀圖三一，羊毛分子鏈平常蹣屈，因電荷分布不勻，使陰陽沿鏈

相隔而處。兩異性電荷相鄰時，互吸，遂使鏈捲縮。迨鏈被強力展放時，異荷間吸力被奪，而鏈乃能儘量伸長，不易斷裂。須待伸過彈性限度以外，其羣與羣間之主力方消失，而鏈乃折。拉而復放時，電吸力仍攜鏈返原狀。故羊毛纖維幾可謂有完全彈性。其分子結構具有完全彈性機械也。生物質與無生物質大不相同者，似有種種性質在，而卽以彈性爲其一。惟彈性固仍能以分子機構說明者也。

纖維遇熱蒸汽與他製練法，而失其倔強彈性，變爲肯於就範。此亦可以內部結構本性解說之。試拉羊毛或人髮，超過彈性極限，則毛或髮失其彈性。故若拉長此等纖維後，再加熱蒸汽，或施他法，

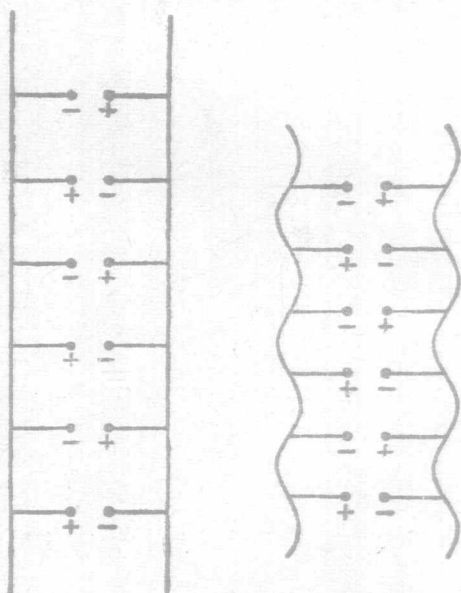


圖 31. (摹自阿斯特柏立)

以撲滅其平常使纖維收縮之電荷作用，則可乘已拉長時，任意置之何狀，而保其永守勿失。女子燙髮作「永久波紋」亦猶是理。凡已被範成永久波狀之毛髮，在X射線下，呈出照像中顆顆結晶，皆如絲等無彈性纖維中所具之狀。

條力斯(J. Thewlis)曾以X射線驗視齒琺瑯質主要成分磷灰石(apatite)之結晶。因知人齒琺瑯質含兩組纖維，與齒面交成不等角。在犬齒，此等纖維乃垂直於齒面。琺瑯質可分三種。人齒所以易腐壞，似即由於此中二種琺瑯質；而得免於腐壞者，似又由於第三種。今日有以X射線查驗齒之原料之結構者，正為將來防止齒腐問題作先驅也。

阿斯特柏立與其同事曾數度探究一種簡單水棲植物，學名 *Valonia ventricosa* 者，之外層纖維素之結構。此植物係一單細胞空球狀，直徑幾達一吋。阿氏喜研究單細胞結構，因多細胞結構較複雜，較難說明故。單細胞生物而成大形者，最合研討之需。據X射線下窺得，本植物外壁含有兩組纖維素之結晶狀纖維，相交成固定角度。試擇球狀細胞膜面上相接近若干點，以X射線照取其像。更就一鼓氣囊或膀胱上，依樣描畫纖維之方向，則可認清膜面上纖維之途徑，而卒得一圖，不

管爲纖維方向之地圖。此等結果似示人以此天生纖維素氣球之分子結構，乃按螺旋方式，如苧麻、棉等纖維素纖維然。其纖維素結晶似即從細胞內原形質薄層遣出者。於X射線下照取其像，則見結晶非仗其本身即能長大，乃自原形質產出時，即被安置於某種方位者，故纖維素結構似係原形質之安排機關所設下之一種終結產物。至於此種安排定向之原形力，則來自生物質之基本間架，即蛋白質分子之結構。此等分子或成網、鏈、梯、螺旋狀，或成其他原子聯立狀。本植物之細胞膜內兩組織維即按螺旋狀而構成。惟現尙無人發見此兩系螺旋線究係互相啣接者，抑各自爲政者。若係分離者，則原形質必能按節奏而安插纖維素。原形質所以有此節奏性，或由於某某種蛋白質分子，如羊毛及生物體上其他產物內所含者，具有彈性故也。

研討家對於生物質所具驚人組成力之機構內景，漸得多多窺見其理。所謂組成問題即生物學之中心問題也。自經科學分析法之攻究以來，此問題已逐漸屈服，今日已獲證據：蓋生物組成乃蛋白質分子之奇特結構性質之複雜表示。祇須用簡單算學，即可證明分子既具有此等性質，便不難被造成種種結構，而呈現生物界所有千奇萬態也。

第八章 人類遺傳

社會中一人羣之毅力，乃視其執持意見之堅定與否爲判。十九世紀後半期內，演化論流行，知識界大起恐慌，因此論於新產生強有力創造性資本階級所持空想，固相反，而於資本主義之哲學，又爲絕不可少。十九世紀主要關懷點即在創造原動力工業。該世紀內最有用之能盡耗於創造一種新社會組織中，須應用科學方法以產生貨物，並以建設生活理想，使合於此式社會組織。在轉運方面，則賴蒸汽之力而改進。一則可以增加貿易額，二則可以慰悅因此而平添之收租分紅度日之富人。十九世紀物質科學所以直進不衰者，蓋因與工業上所用機械相聯絡也。資本主義發展，遂使人傾注於工業與科學上新工作方法。卽不能專顧社會組織與科學兩方原則上之思想。資本領袖既忙於營業方面，自不暇評騭本人意見。十九世紀內發見種種新法。以產生無量貨物，使人類在區區百年間，進步遠勝往昔任何時期。然在此期內，在生活方面固顯然富有能力，而在哲學與藝術上

則徒存質朴見解。兩者竟能並處。觀上文，可知其原因之一。十九世紀之有此奇特運動，當推英國爲首領。英國彼時於工業與科學上，創造不已，於哲學與藝術，則了無貢獻，亦獨超他國之上。如道地郎卡邑（Lancashire）棉紗廠主卽成一派，以爲靜心執業，與守持個人主義兩概念，乃特別神聖不可侵犯。所謂個人主義，乃指人人所有權力，可與上帝通聲氣，且自行與上帝構和。此輩所需宗教之智慧用具固可假自任何時代，不問若何不合時宜，則因其初無內在重要性也。棉紗廠主自信有權力，隨本人所好而紡紗，並親向上帝報呈其辦理紗廠之情形。彼蓋依據舊約創世記字面，而接受之也。

然十九世紀之創作遠過以前任何世紀。欲仍執舊約哲學，實不能勝。十九世紀領袖需要一種哲學，能較合彼等之作爲背後之原則者。彼等不能長此拋卻智慧方面之評議，而徒假原始氏族或絕滅部落之哲學以塞責。彼等之信個人主義爲神聖者，乃出於武斷，極應以合理理論替之。十九世紀一年逐一年而逝，其時領袖階級愈富有，愈暇逸，遂漸發覺彼等所持哲學觀太粗淺。知識領袖欲解說彼等之優勢，不能徒信自身爲入選之人，爲無理由而入選之人而已，必須持一更合理之理論。

也。於是自然淘汰之說興。十九世紀中人對於自然淘汰原理，較對於一般演化理論，重視獨多。既於前者特感興趣，遂使常人誤認自然淘汰非獨爲主持生物存在之機構，且爲潛匿演化通景幕後之創造力。以爲自然淘汰同時充作演化機關之機械本身；又供役如蒸汽，蓋一物兩用云。至於淘汰云者，當然祇能與呈露出之材料相涉，而不及其他。自然淘汰不涉於變化、變異之原始，而祇作用於生物界中現行之變化與變異而已。自然淘汰固不能解說此等變化因何發生也。十九世紀後半期演化理論家過信自然淘汰原理之爲重要，以致感情用事，失於急激。獨達爾文本人不染此病。此項信仰乃階級趣味之表示。不知不覺而然者也。赫胥黎派與威伯福士主教 (Bishop Wilberforce) 派爭辯奇烈。即因前者感覺後者不忠於雙方同隸屬之優越社會階級耳。由赫派觀之，威氏與其所代表之知識中級內一羣，有若真理與進步之仇敵。彼等信此，非必以其真實，乃以彼等所隸屬之優越階級長此接受已過時哲學，足以自墮威望耳。

顧赫派初非不誠，讀者幸毋誤會。誠實者乃意識過程之一功能。人對於理論，若接受之便於本身與同儕皆有利，則信爲正確時，固可具至誠心也。若明知接收某某意見時，出於個人與同儕之利

益者多，而由於理智上信心者少，又不肯自承，此方足爲不誠也。人與人羣之動機，往往由旁觀者見之反較清。伶人演戲時，鮮有顧及個人或人羣動作之正確理論者。故十九世紀甚活躍資本階級之動作之本性，由其他同時人羣之智力察來，反較彼等自身智力察來爲明晰。如貴族與工界中人認識資本主義，乃較資本主義自身爲優。如沙甫茲白利爵士（Lord Shaftesbury）與馬克斯了解資本主義，即較勝一般資本家。馬克斯以一身混入工人與貴族兩階級，或與兩者皆發生關係，因此能從兩階級立場以觀察資本主義。彼一生消磨於勞工界獨多。顧其先人則累世皆爲猶太博士。彼又娶貴族女爲妻。人羣對於本羣初期所爲之事，必待相隔已久，始能以客觀眼光審察之。如今日資本主義領袖中不少開明分子，對於馬克斯資本論，許爲有若干成正確。至於此輩之祖父執，則幾一致斥此論爲狂妄也。

至於科學理論之取捨，又絕不單依其正確與否而定。一理論而含有若干真理成分者，若與一強有力人羣之主義與理想偶合，自可完全被接受，且深深置信。其理論中之穩健部分固無論矣。即可疑之點，亦將易於無條件而遭收納也。十九世紀中發展之生物學理論，皆受社會影響甚烈。關於

人類遺傳之理論，亦受社會影響，而呈驚人效應，與自然淘汰在生物演化上所司職守之理論，所受而演成之結果，同其程度。

十九世紀中，優越階級供給有才智之人以探討之財力與機會。此輩才智之士中有哥爾通（Francis Galton）其人。哥氏首創用統系方法研究人類，因得底料，以建立社會生物學，使成一新科學。惟欲求發展關於人類之生物理論，必先蒐集關於人類之確實生物學知識。欲求知識能致遠，必其具有定量性。哥氏欲以生物學問題看待人類本性，而以算學方法敘述之，至於確鑿無可游移之境。欲如此狀出自然現象，有二途可循。一為擇取若干少數例，而精密測量之，分析之；一為就多數例，約略測量之，再按算理統計法以分析之。有若干種現象宜於用第一法以御之，有若干種又宜用第二法。關於人類之生物學底料，頗多適用第二法者。因於實驗時，不易控制，遂無從測量個人之多種性質，至精確可觀之程度也。哥氏特別重視人類之生物學本性。欲廣集人類特徵上量得諸結果，排列之，組織之，再按統計法分析之，括約之，藉求發見準確定理。哥氏曾受醫藥教育，又曾遊歷遐邇。故對於人類生物學與人類學之底料，所知甚溥。彼習於視人如一種生物，且比擬本種生物中各

單體或個體之行爲。彼亦曾留意於氣象學。又喜用統計分析法，以整理氣象學方面觀察得來諸底料，以供預測天氣之用。自從其表兄達爾文刊行種源論（*The Origin of Species*）後，遂促進哥氏鑽研生物學之志趣。因放棄氣象學，而轉向社會生物學。斯時即挾統計法術與俱矣。

哥氏促醒生物學家用統計法後，收效極著，以致統計學上算學理論竟受氏與若干從人之研討工作之裨益。彼創爲算理生物學，別開蹊徑，另成一門科學。對於文化，貢獻甚重，應居首功；且於此亦最易確定其天才卓越也。此新科學之初步研究並不完備，祇不過嚆矢而已。尙有待於今後數百年之努力。至於今日已經初期創作家作爲若干光華燦爛之結論，皆惟有依據初獲少量底料而研得，蓋不容諱。此等探得結果無論如何炫耀，其所含確切知識之成分終必甚低。故此等結論之可信程度，乃視知識界之對於學理所持心向爲定。

哥氏所得結論中，有依據最臨時，最不完備探究法而來者。此類中竟有深受若干階級之信仰，以爲牢不可移者。蓋此等階級意欲照其原樣接收之也。凡以生物學理論施用於人事上時，該理論常發生矯枉某某理論，若遇某某式個人或人羣，視爲可以助長或掩飾彼等之行爲時，便可爲彼等

接受，初不問其在科學上證據強弱也。此在一般生物學理論上爲然。此等理論乃對一切生物立言，而不過祇間接及於人類。若在直接應用於人類之生物學理論上，則當然更甚。因人皆顧自身利益，遂使生物學理論家格外難於工作。其有能在非生物學科學場中工作極圓滿之智力，移向生物學去，便難免隕越。尤以對於人性生物學，或社會生物學，爲更易失措。欲探究社會生物學者，非飽經人事不能有重大貢獻。蓋必須熟諳各種階級之見解，尤貴於曾在政事，商業上，與個人親身接觸，而得經驗。若無此等經驗，甚難約略自明本人在社會中所具成見之本性與起源；亦不能於設想人類行爲時，爲此等成見之矯枉影響預留之所也。社會生物學家必須富有經驗，廣諳智巧，始能於本題上建立穩固成績。研究社會生物學諸專家中之領袖如斐雪(R. A. Fisher)，哈爾登(J. B. S. Haldane)，和格本(Lancelot Hogben)皆以博學多聞著。和格本教授有名著二種：曰「天賦與教養」(Nature and Nurture)，曰「自然發達原理」(Genetic Principles)。本章即將緊隨此二書論調之後。

苟對人類遺傳之性質與機構，知之確切，必終能於建設優良社會之政策上作衆基礎之一。欲

求社會進步，應獎勵何等人，抑制何等人？獎與抑，當以何法出之？不健全之人，應否禁爲人父母？患肺癆者，應否許誕生子女？精神失措者，應否禁育子女？欲解決此諸問題，非先確知人類遺傳不可。然遺傳猶不過應加討論諸成因之一耳。環境對於產生優劣國民，自有其影響。此其爲力大小，亦必測定，而後始可進勸告，或頒法規。人有多智，健康，且可親者，究因先天特優歟，抑環境與養育優越歟？意者優尙之人，乃遺傳與環境雙方合力造就者歟？若謂優尙之人所以然者，惟賴先天傳來，則改良環境並不能多產優尙分子。此說苟是者，則唱改良社會之政策者，除因人類感情外，不能別具動機。

欲研究人類發育中遺傳與環境間相互作用，當以利用孿子爲一重要方法。孿子同性，且具甚相似特徵者，稱爲全同孿子 (identical twins)；同性或異性，且具一般不相似特徵者，稱爲手足孿子 (fraternal twins)。全同孿子乃由一單獨受精卵子，偶爾分裂爲兩半，各自分頭發展，而具有相同遺傳組織。及兩者長成，竟呈異點，必由於環境或習性之效應。而手足孿子則由兩單獨卵子，約於同時受精，各具相異遺傳組織或天性。故手足孿子與全同孿子相較，前者之相異點一部分由於習性之不同，一部分由於遺傳組織之不同。哥爾通研究三十五對全同孿子與二十對手足孿子之

特徵，緒求區別人類所受天賦與教養之效應。哥氏述其結果如下：

一、故吾人可作一廣泛結論曰：能影響及於相似生活情形下之人之條件，即能於成人性格上產生顯著效應者，惟有疾病，或其他足以損及身體之事變。觀此一切，得一印象，令人頗疑教養除能指示職業上訓練途徑外，究竟能作別用否？當教養異點並不超過同國同階級衆人間所常見者時，天賦較教養強有力多多。此蓋必然論斷也……」

哥氏探討本問題與人類遺傳之其他方面，所得結果固自可欽，惟當然不免粗淺。有此爲基礎，遂使強有力人羣得據以推行其政策。十九世紀競爭資本主義下，佔勝階級中頗多願聞彼等自身得天獨厚，斯能成功獨鉅者。此輩猶以哥氏結論爲不足，更進而信家境妥善，受教完美，不及天生良材而缺乏教養之有裨於競爭也。處競爭地位之社會階級中，頗多成功份子。一聞有人試證，人類處世行爲應取生下注定優劣之見，不問其嘗試如何淺薄，輒儘量接受，認爲生物學上完全確定之知識。此輩亟欲得明證，以自顯其所以各個人，皆能成功者，乃由先天特徵獨優厚；其所以同輩羣衆皆能佔優級地位者，亦由內在特徵獨優厚云。彼等又欲以科學方法，證明失敗份子所以失敗，亦正因

內在特徵獨劣。誠能證明優越階級確具有高尚生物學性質，則此階級中人將自謂優越份子，理應永遠佔據優越地位，名正而言順也。一門科學之發展，竟有視其在社會方面之利益為轉移者。似優越階級輕易接受哥氏初步究得結論，以為確切不移，且藉作強力辯駁之基礎者，即一重要實例也。

自哥氏之日以迄現在，材料已積多，遠過草創時期。所經檢驗過之學子視前增多，所用測量方法亦較初用者為精密。據身長、體重、目色等特徵而論，全同學子間差別極微，而手足學子間則差別較大甚多，亦猶普通兄弟姐妹間不相似也。惟此祇限於若干特徵而已，並非在一切特徵上皆如是。即身體特徵，如呼吸頻度，或脈搏頻度等，亦當除外。曾經用智力測驗法檢驗過之學子不下數百雙。所謂智力測驗者，容下文再談。全同學子間之平均差別，約等於手足學子間之平均差別之半。至手足學子又確較普通兄弟姐妹更相似。可見兒童即使長於同一家庭內，亦因遭遇環境之不同，而影響及於才能之不同者甚多。然此等環境差別，當然遠不及不同階級中不同家庭之兒童，所遇環境之差別之重大。

若精神亂錯症，癩，肺結核與其他嚴重疾病皆由於先天傳來之弱點，則撲滅此等病人之生殖

能力後，可否大加增進社會之平均健康狀況？英國約有十四萬人就醫於公私精神病院。每年須使社會多耗一千萬鎊。以英國現今人口計，約有一百萬人，曾各於某一時，因精神失常，而就醫，且常託詞「極度神經衰弱」之雅號，以自掩飾。此總數蓋佔英國人口四十分之一。試逐家探訪，可知幾無家無精神病人藏其中。英國患者據云日增。惟舊記錄本欠準確，故此言尙未容輕信。欲實測一國或一地人口中精神病人之確數，須先嚴定精神病之意義。現行之定義較舊定義爲精審。故今日精神病人視若增多者，或由於訪察較嚴，公家記錄較勤且詳，遂覺其多耳。若精神病能遺傳而不能治愈，則欲掃滅此種劣等分子於社會，宜若惟有絕其生殖一法可以爲力也。

然今日吾人已知欲滅小某種遺傳病之範圍時，僅藉滅絕一大人羣中某式分子之生殖，未必遂有效，亦未必便於實行。蓋須視其病若何遺傳，並按何頻率而發現，方可定奪。例如一種病，其罕見程度與遺傳規則皆同天老 (albinism) 一例，則雖逐一撲滅生殖力，至一千年後，仍不能減少其發現頻率至半。又如一種病，其遺傳規則與常見式夜盲症 (night blindness) 相同，則施行絕嗣法，一代後便告成功。此滅嗣方法，或絕育方法，用以減少人羣中某數種病，甚不合實施，顧對於他數種病，

或竟有效。故不明遺傳律與其對人羣上之作用者，不應輕信絕育法之價值。

凡生物特有性機構而生育者，皆有父母。母供給一比較大單獨細胞，名曰卵子。父亦供給一單獨細胞，名曰精子。一卵子合一精子，成一單獨細胞，斯產生一新生物。此原始單獨細胞即此新生物之存在之初步。此單獨細胞有生長能力，逐次分裂，成爲衆多細胞。試於顯微鏡下細察之，可見原始細胞含有一核。核內常藏偶數個善吸着某數種色素之物體，惟亦間有奇數個時。此等物體稱曰染色體 (chromosomes，源自希臘語 *chroma* 卽色，與 *matikos* 卽體。) 在顯微鏡下窺雌體之卵子與雄體之精子，則見兩者之核皆含染色體。惟其數常祇當將來發育成生物體之細胞所呈之染色體數之半。蓋新生物顯然從父方與母方，各取初批染色體之半數。待原始單獨細胞一分裂時，於顯微鏡下窺之，則見每一染色體分裂爲二，使二新細胞各具染色體之結合仍與原細胞中相同。故長成之生物體內所含萬萬細胞，所具染色體之結合，常恰相似。體內每一細胞常含同數染色體，按同式而集成。染色體卽司傳遞遺傳潛勢。父方憑精子內染色體，以供給一方面可遺傳潛勢；母方亦憑卵子內染色體，以供給另一方面可遺傳潛勢，使皆畢集於子女之身。

此種機構遂引起若干結果。概言之，原細胞對於每一種可遺傳性質，輒有二染色體以影響之。例如父方某一染色體可挾有一造因子 (factor, 或 gene)，將來傾向於產生藍目，而母方對應染色體具有一造因子，將產生褐目。及成日後，大概不為褐則為藍，並非藍褐相混。足見褐、藍兩造因子必有一佔優勝。據觀察所得，兩色相爭，輒歸褐勝。此時褐色造因子對藍色造因子言，為優顯 (dominant)；藍對褐言，為退隱 (recessive)。

惟子嗣之細胞又可含一造因子，平時靜伏，須俟與同類造因子配合後，始有作為。純藍目或純褐目家庭中，須值子嗣之細胞中適含有一對產生藍目之造因子，方呈現藍目。至於因隱性造因子而起之特徵，非遇雙親各方至少含此造因子一個，將永不發現。父母兩方或皆不呈露此特徵，而兩方各具有此特徵造因子一個。又一方或雙方或呈露此特徵，則一方或雙方又應各具此特徵造因子一對。凡一種遺傳病由於隱性造因子而起者，須待父母雙方皆含此造因子時，始能呈現於彼等子嗣身上。若以希罕疾病而論，則含有一造因子之人已甚少。欲待此類二人相配合而產子，其機會更特少矣。故對於隱性造因子所生希罕遺傳病，以絕育法撲滅之，誠有效也。

執此顯性隱性造因子之現象之說，以論血族通姦，則生物學上理由充足，信非人類所宜爲。危險遺傳病，或缺點，或易於由隱性造因子而起。蓋此等疵病假使由於顯性造因子而起，且常現於人羣中，則將受天然淘汰而無存。獨因隱性，正可暗保一種疵病，不受汰除。今由隱性造因子而起之危險情形，既須父母雙方皆具此造因子始得發現，則父母同出自一家時，此危險情形自然易於發生多多。故血族結婚易使隱性特徵重現。若隱性特徵本希罕，則兩無相屬之人結婚後，其兩造因子相遇之機會亦少。至於近屬之人結婚後，能使一希罕隱性特徵重現於家庭中甚多人身上，而與外人結婚後，恐無一現之機。現今人類究竟含有若干種能致危險疾病或情形之希罕隱性造因子，尚在不可知之列。若果甚多，則血族通姦將使此等情形發生遠較平日爲多。

自然現象之領域中有最可慶幸之條件。其中之一卽遺傳機構乃按簡單算學定律而活動。此亦遺傳之特殊本性之可喜結果之一。可遺傳特徵既隨確定單位之位置與合併而定，則此等單位在子嗣間若何分布，便得以計算矣。若關係簡單時，運算亦甚淺易。例如父母雙方之一具有二褐目造因子，對方具有二藍目造因子，則產生子女悉具褐目。若一親有一褐目造因子，一藍目造因子，他

親有二藍目造因子，則子女半數具褐目，半數具藍目。若兩親各具二藍目造因子，則子女悉具藍目。若雙方各具一褐一藍造因子，則子女四分之一具藍目，四分之三具褐目。若一親有二褐造因子，不問他親有一或二藍造因子，子女悉具褐目。

此等簡單比數蓋自染色體機構直接演出。若關係複雜，造因子分布多變化，則計算不若是便易。今日學者正努力研討各種情形下，可遺傳特徵在人羣中若何分布，欲探明其中算學理論。此項工作已成生物學之最大發展之一。言其領袖人物，得本斯泰因 (F. Bernstein)，哈爾登 和 格本，甯斯 (H. S. Jennings) 與 來特 (Sewell Wright) 等家。

據新近從遺傳算學方面研得結果，則父母與子女，兄弟與姐妹通婚後，所暴露罕隱性特徵最多。且兩者相等。至於伯叔與姪女，舅父與甥女，姑母與姪，姨母與甥，或異父母兄弟與姐妹通婚，所生效應亦均彼此相等。惟其有效程度，僅及父女，母子之半略強耳。從兄弟姐妹，或中表親，則有效程度略過第一類四分之一。從姪輩，或表姪輩，則僅略出十六分之一。世俗反對親屬結婚，即對愈親近者反對愈烈，約略與親近程度成比例。而親疏程度又與婚後隱性特徵易否重現之程度成比例。故血

族結婚，或稱純種蕃殖，能重顯隱性特徵。遇特徵優良時，固可改進人種或生物種之品質；惟若遇特徵惡劣時，亦可毀墮之。今日吾人所知人類隱性特徵之性質與種數，尚甚淺，甚少，不足以斷定，究竟優者得重現之例較多，抑劣者得重現之例較多。無論如何，普通人若已知近族通婚，能予隱性造因子以暴露遺傳病之機會，至何等程度者，則一聞此種婚事，未有不深受震驚者也。

純種蕃殖既能暴露希罕隱性造因子，則遇有此等造因子呈現時，可知擁有彼等之個體大約即係近屬雌雄兩體所生之子嗣。據觀察家訪得，患希罕遺傳病之人多來自慣行血族婚配之家庭，可為佐證。有一種聾啞病 (Deaf-mutism) 即一種隱性特徵。據楞次 (Lenz) 考得，柏林猶太人患此者多過異邦人四倍半。此與猶太人親屬結婚特多，蓋相並行。尚有其他數種聾啞病，乃幼年患腦膜炎，猩紅熱，梅毒與耳腺炎後所致。惟吾人解釋此病之可遺傳性之證據時，必須格外謹慎。亦如討論人類中遺傳所司職務之各方問題時也。純種蕃殖能招致希罕徵狀，故所生後裔將呈更多不同特徵。凡行血族婚姻之家庭中，兒童所具可測量特徵之兩極距，特別遼闊。

染色體遺傳機構除演出可遺傳特徵之分布之算理統系外，尚產生其他有趣效應。生物細胞

多具有偶數個染色體。例如醋蠅 (vinegar fly, 學名 *Drosophila*) 細胞即含八染色體，分四對。各染色體內藏有造因子，主管各種可遺傳特徵。染色體實即造因子羣聚而成。故成特殊組之徵狀。傳代時，亦成羣而傳下。蓋含有某一徵狀之造因子之染色體，亦含其他徵狀造因子也。醋蠅細胞既擁有四對染色體，則料想其遺傳式樣應有四羣可分。據詳悉考察後，得知此昆蟲共有可辨識遺傳式樣約四百種，確可分隸四羣。其由有限數染色體而起之連鎖現象，對於兩性之注定，發生特別有趣效應。生物之性別一部分由於所具造因子之不同而定，亦猶其他衆多特徵然。一般而論，每一細胞具有二染色體，中藏造因子，專為性別而特設者，一來自母方，一來自父方。此等染色體亦可藏造因子，主定其他特徵者。故此等其他特徵，將來亦隨性別而共同分布。人體細胞內染色體機構另具特異點。蓋女人細胞含四十八染色體，分作二十四全對；男人細胞雖亦含四十八染色體，惟祇有二十三全對，餘一對中有一染色體僅餘殘迹。此殘餘染色體可作一有名無實之傀儡觀。故男人之性別，乃視二十四對染色體中，一對中一完全陪補染色體之缺席而定。

所謂血友病 (*haemophilia*) 之傳播，可示性別染色體內所藏造因子如何作為之一例。患此

病者，受微創，血液奔流不凝結，竟足致死。凡患此類病者，必其母方前代曾有先例，而父方無之。似此特點，蓋常可實地追溯而得之。尤有一特點。則在此等希罕疾病之例中，幾無一女性患者。若以血友病而論，則從未有過女性患者。惟此中原因，又與他種與性別相關之情形下，女性患者比較罕見者不同。此病之造因子似不能在女體所供給環境下，對血施其活動力。其所以被抑而失效者，或由於卵巢分泌一種液，如與月經有關之卵巢刺戟素，名凝血素 (Oestrin) 者所致。近來有用卵巢組織移接於男體，或用凝血素注射於男體者，竟能奏相當效驗，使患血友病者之血亦能凝結如常人。

觀此更可見，所謂絕育以防止遺傳病之說，不可一概而論。主張此辦法者不可不加以謹慎。似血友病可謂烈矣，尙有善法治療，則其他與此同程度之重病，又安知果無善法以療治歟？另一可憎遺傳病名曰黑尿症 (alkaptonuria)。患者泌出之尿，暴置空氣中，則變暗黑色。因尿中含一種物質，名曰尿黑酸 (homogentisic acid)，在空氣中氧化而成黑色。常態人尿中含一種酵素，能分解此酸。將來生物化學家或可製造此酵素，以療患者，則不足慮矣。

故若能控制遺傳病，自不必滅絕患者之生殖機能。和格本謂，二百年前，英國人患痘者能否獲

瘥，殆須視其遺傳得來抵抗力之強否，而定其命運大部分。今則先天抵抗力在免瘥上已不關重要矣。抵抗力雖弱，可種痘漿以增強之。更可隔離抵抗力弱者，使不受傳染。數千或數萬年後，歐洲一人羣或可由頻年汰除無抵抗力者，而演成盡是善抵抗痘症者。非洲人不畏瘧，或即由此故。惟和格本謂人類善發明，不需數千年之久當可掃除痘症而無餘。能控制環境飲食等，往往能治愈遺傳病，反較控制生育為有效也。

色盲亦猶血友病，帶遺傳性，又與性別有關。男人約百分之四患此，而女人僅千分之一患之。與性別有關之隱性徵狀，較與性別無關者，易被認出。因前者限於一性，顯而易見也。今日所已知之希罕隱性徵狀，大多數皆與性別有關。大約即因此故。至於希罕隱性徵狀與性別無關者，則較難發見。多多。遺傳中既有此性別關聯現象，則藉淘汰法，或絕育法，以祛除人類中隱性徵狀，為效遂大增。設禁止患有某種與性別有關之隱性徵狀之全數男人生育，則一代之後，總人口中患此病者便可減少一半。性別關聯又於純種蕃殖之結果上有重大影響。在某情形之下，即如當性別有關之造因子參加其內時，則姪女嫁叔伯，可與兄弟娶姐妹，演出同等程度結果。至於姪娶姑，或竟與平常娶妻

或妻死續娶妻妹者相似，而並無異狀。英國法律以姪娶姑爲非法，而姪與姑生私兒則否。兄弟與姐妹成室，不論生子女與否，均成罪。故英國法律僅一部分合於純種蕃殖之生物學學理。和格本批評本問題，尙見公允。其言曰：「英國憲法授主教以特權，督察此等情事，而不責成生物學家執掌之也。」

至於人類之可遺傳特徵，不問正常與反常，皆有不若前述諸例之甚者。欲求決定此等特徵之遺傳規則，至絕對準確程度，遠較專究特別顯著反常變異時，爲困難。未能決定一種特徵之遺傳規則以前，須先嚴定該特徵之意義。今日生物學家能專心調查人類所有一切可遺傳特徵，與各種特徵遺因子在各染色體上所居地位，而纂輯成爲總目。此在數年前猶屬夢想。自從本斯泰因創始檢討血羣 (blood groups) 之遺傳，一鳴驚人後，遂使前途大放光明；非徒變爲可行，且有厚望焉。

古傳輸血法 (blood-transfusion) 爲醫學上著名手術。傷重失血，或因他病而失血之人，往往可借他人慨捐之血，注入而受益。史前人卽行此術，已屬信而有徵。可見其由來之久遠矣。史前人既信血能續命，則吾人甚易揣測衰弱者受新血後，宜能增健。惟施行輸血法時，雖手術十分完備謹慎，而輸入之血竟有時使病人之血凝滯，漸不能流行，終致患者於死。此種血遇血而凝結之現象，可於

試管中驗之。此乃由血清內物質與血球內物質相反應而起。二人之血有時所含二種物質皆彼此不相似。人類之血彼此相凝時，既呈各種不同性質，即可因此分別人類爲四羣。第一羣之血球遇他羣之血清，不自凝集，而其血清遇他羣之血球，則使之凝。第四羣之血球遇他羣之血清，自行凝集。第二羣之血球遇第一、第三兩羣之血清，自行凝集；而其血清遇第二、第四兩羣之血球，則使之凝。欲解釋此數種現象，可假定血球內有兩種起反應之物質，血清內亦有兩種起反應之物質，互相結合，遂得四種不同結果。

人類中此四種物質之分布甚嚴守遺傳定律。故彼等自身所有造因子，與相連帶之特徵之造因子之染色體之位置，可得而決定。若更進一步而探討，尚可發見其他類似於此之物質多種。外科醫生先審察病者屬於何羣，始能選定輸血者。俾兩方之血不致相遇而凝結。如是而用輸血手術後，死人之百分數着實減少。此按血分羣法，除對外科手術與人類遺傳理論上，有大貢獻外，並予人以重要新法，藉以驗證父系。且將來尙可助吾人啓發人類學上重要新知識也。血之凝結性係可遺傳者。故在某種情形之下，欲斷定一人之父系，正可用此法。今日德奧與蘇俄三國已認此爲法律上所

用之證據，並已正式施行。例如一兒與雙親之一所隸屬之羣已知，則其餘一親決不屬於其他羣中之一羣或二羣。故若有一婦產私兒，而自稱某男爲兒父，則可審定此男之血究屬何羣，及知其不屬於兒父所應隸屬之羣，案情便可大白。婦不得逞，男不受屈。

試就各人種間研究血羣分布狀況，於種族關係上可獲有趣味證據。在正常美國人中，約有百分之四十五隸第一羣，百分之四十一隸第二羣，百分之十隸第三羣，百分之四隸第四羣。世界各地人民中，各羣所佔百分數，隨地而異，且與地形變異相傍而行。地球蓋自古即被不同血羣所分據供殖民。而此數羣之踪跡正足指示不同色人種間，與種別基形間，皆藏有相關之點，爲意料所不及。世上多因種族間成見太深而起兵災。將來研究血羣，更多發見證據，或可消弛於無形也。本斯泰因考察血羣隨地形而分布之狀況，斷定昔日原始血羣今已絕跡於全球。惟斐律濱人與美洲紅人比較爲去此純粹血羣最近。其後第二種族，即第二羣，自亞洲原始羣內崛起。今日第三第四兩羣所佔百分數，以日本人中爲最大。另有第四羣，據想像，乃源自歐洲，蔓延入印度，達東三省。又猿類中亦呈此等凝集現象。長臂猿與黑猩猩屬於第二羣。猩猩則屬於第二第三兩羣。人與現代猿大約自同一祖

派傳來。故人與現代猿或即從彼中原有不同血羣，而襲得今日之不同血羣。

惟依據血羣分布而爲人類分類，不能合於其他分類法，如依據膚色等者。於此更可見現存人種譜系之雜亂。在生物學上，所謂某種生物在遺傳上爲純者，必其全數雄體皆具相似特徵，全數雌體亦皆具相似特徵。例如某一種族內，人人皆髮淡，目藍，身高六呎。如此之特徵在遺傳上爲純者，則無論本種族內男女若何交配，所生子女皆必具此之特徵。對某一特徵而言，所謂一種族之純性者，一般皆指染色體常合成對造因子，決定將來髮必淡，或目必藍，或身必高。選種家已能產生牛，鼠，雞與他動物變種，使其常保高度遺傳純性。蓋由嚴格控制動物交配而成者也。遇子嗣具有不受歡迎之特徵者，則不許生育。其許生育者，皆經審慎選擇者。如是嚴行控制，歷數傳之後，遂得比較純種，如澤稷 (Jersey) 牛等。

選種家從經驗得知，兩比較純牛變種互交所生犢，每不及原父母馴良與善服役等。若干社會學家會因此類推及於人類，謂純牛變種雜交後，既不利，則兩人種雜交後亦不利。此說在今日社會學上確佔重要地位，蓋因權勢階級信以爲真也。惟詳加剖辨後，便知其毫不足爲憑。此說假定人種

在遺傳上成爲純者。蓋以生物學上所謂變種者，視人類各種族。至於人種在生物學上所呈證據，分明指人種爲已久經徹底混亂。此說假定人類之可取特性易於剖辨，猶如乳牛以乳多爲貴之易於分清。此說假定人類並不任意交配。以爲人類結婚乃經外力控制。其受淘汰，亦如有譜系之純種牛配偶時，所受之嚴。就生物學而論，人類白，黑，褐與黃數種互相通婚，其爲害之證據甚微。今日反對異種人通婚，多因種族成見太深。執膚色爲根據，而肆行武斷。須知吾人慣用「人種」卽「種族」字樣加諸黑人，蒙古人，猶太人或高加索人之身。而此「人種」云云並不合爲生物學名詞，僅足以稱某某數羣之人，每羣中有共同特徵若干者而已。

自生物學上觀，雜種人並無重大可反對之點。將來或可發見，特令猶在不可知之列。今日所能成立之反對理由，乃屬於實利主義與社會學上者。惟今人對於雜種人既持成見，遂累及彼等終身不快。今人勸阻他人產生雜種子女，恐此輩子女不能在社會上享幸福。此須待至人類對於膚色之揉雜，不再持成見，而後可望消弛。膚色成見之程度，乃社會學現象，而非生物學現象。英，法，美，俄四國對有色人種之態度不相同。此暗示吾人以白人對有色人種所持成見，乃社會成見，並無生理學根

據。

觀乎此等討論，當知通常以文化興衰歸於種族遺傳組織者，其理論均未容輕信也。和格本論此曰：——

「當諾狄克民族 (Nordic peoples) 尚在野蠻時代，有色民族早已開化。此不足強迫吾人信諾狄克民族果低劣。逆言之，今日較落伍民族之成就亦不能強吾人假定彼等不能吸收吾人現有一類社會組織法也。……當今吾人慣聽諾狄克民族之優越。惟吾人似應憶及，吾等祖先去蠻民不遠時，爲北歐開發文化之先驅輩所具見解爲何如。彼時有摩爾族 (Moorish) 宿儒，卽托利多 (Toledo) 之薩伊德 (Said)，描寫庇里尼斯山脈 (Pyrenees) 以北白人祖先曰：「其人秉性冷靜，永無成熟之期；身材長大，膚色白皙，惟智力遲鈍云云。」蓋其時北歐僅有少數教士知書識字，且反對沐浴，斥爲異端，謂於信徒有害。此風直沿至西班牙王腓力第二時；意詔毀摩爾人所遺一切公共浴室。當牛津諾狄克大學 (Nordic University of Oxford) 算學課程綱要，僅至歐几里得幾何學卷一命題五而驟止時，托利多，哥爾多巴 (Cordova) 與塞維爾 (Seville)

三處學者已著球面三角法論文矣。」

欲建立社會政策，必須先決天性與習性對於造成成人上，各司何職。此事大難。一因問題本身甚複雜，二因人類進攻有關人類自身之問題時，心理方面將感特別困難。研究家亦僅能研究本人所知曉之成因而已。彼一念及人事問題，輒連帶及於自身經驗。人類憶起自身經驗時，於最初四年中，必所存極微。此蓋最顯著特徵之一。故人類觀察家出發時，挾有一種意念：即以爲彼自身滿四歲後方受環境影響。惟弗洛伊德派心理學家則破除此種意念。其工作殊偉大。此派已發見若干絕佳證據，並甚多次佳證據，皆謂嬰兒期間所受經驗對於造成將來成人期間特徵，甚關重要。

欲於環境對特徵之產生上所司職務上得充分意念，必須先究環境在受孕至第五年間有何影響。尤重於誕生前九月期中。產前環境對產兒已有影響。此種證據可靠。達爾柏格 (Dahlberg) 曾列一表，示丹、法兩國全同孿子與手足孿子所佔百分數：——

國 別

產母之年齡

	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50
丹麥 (1896-1910)							

全同孿子	0.42	0.36	0.35	0.41	0.47	0.40	0.31
手足孿子	0.36	0.57	0.87	1.18	1.57	1.25	0.30

法蘭西 (1907-1910)

全同孿子	0.31	0.31	0.34	0.38	0.38	0.36	0.35
手足孿子	0.25	0.45	0.73	1.06	1.44	1.12	0.34

可見產母之產全同孿子之機會，在各年齡，並無多大出入。至於產手足孿子之機會，則在三十五歲頃，較在十八歲頃，多五倍。又產孿子之機會，乃隨孕娠之數而俱進，並不問產母之年齡。當八至十產間，機會較二至四產間多三倍。此雖亦有佐證，惟究有裨吾人研究與否，尚不可知。

母之子宮狀態大有關於產生手足孿子之機會，而無甚關於產生全同孿子之機會。此蓋顯而

易見。一對孿子所處之胎境各異。苟不然者，全同孿子誕生時，康健狀態應無不相同。然在事實上，一對全同孿子誕生時，有時竟一死一活。全同孿子一死一活之例之或然率，少於手足孿子一死一活者。此可證明全同孿子在發生上，乃具有相似性。產前環境之影響，又可從所謂蒙人狀癡疾 (Mongolism) 上研究得之。其證據亦殊顯明。一家兒童本盡正常者，偶見此狀一人突生於其中。此狀人乃癡獸。其眼瞼，足趾，舌等處皆有特異構造。據士刺普薩爾醫生 (Dr. Sturball) 與益洛斯醫生 (Dr. Lionel Penrose) 調查所得，四十歲產母產蒙癡兒童者，遠較二十歲為多。又已產多次之產母，產蒙癡兒童之機會亦特多。假使祇許二十至三十歲女子產兒，則可大大減少此種兒童。至於女人能否產蒙癡兒童，雖一部分須視母之先天結構而定，其大部分仍須視胎兒生前所處環境而定，蓋無疑也。又家中生產之次序亦為重大成因。按遺傳機構而論，第十次生兒，與第二次生兒，有相同機會可得同等康健之遺傳體質。其所以誕生先後能影響及於健康者，大約因子宮工作過度，以致運用時發生失誤耳。較和緩心理缺陷多發現於初胎產兒，而少發現於其後所產者。此亦信而有徵。此則示人以初胎諸困難易傷兒童體質。子宮已經工作若干次，已經練習適合後，再司生育，自較順。

利。披爾遜 (Karl Pearson) 著作中言：「初胎產兒遇有種種妨礙。其後再產，而此等妨礙大減。惟四十歲初產者所受此等妨礙之苦，又遠較二十五歲初產者所受此等妨礙之苦為烈云。」

人類智力隨環境與遺傳兩方諸差別而亦生差別。惟究竟達到何等程度，則成為社會學上重大問題。所謂智力，其定義固難言。惟賓納 (Binet) 所創一類測驗法所規定者，最滿人意。吾人常以為智力測驗可量出內在智力差別，即非習性與教育所能改造者，亦即遺傳而來者。諸家討論此點，意見紛歧。加利福尼亞省柏克斯女士 (Miss Burks) 調查孤兒，得知智力差別由於家庭環境者，佔百分之十七；由於父母影響者，二十三；由於遺傳者，總計達七十五或八十。支加哥福禮門 (Freeman) 和爾晉革 (Holzinger) 與密拆爾 (Mitchell) 測驗孤兒甚幼時，未進孤兒院與寄養所以前，與既進以後之智力，因知住院數年後確有增益。又察得兄弟與姐妹分寄各處後，智力上相似性之指數，較平常按正則育於父母家中者為低。兒童入劣等寄養所後，受試驗時，成績亦不及曾入優等寄養所者之佳。兩不相關連之兒童，同受育於一所，其智力亦竟相似。據訪得，孤兒之父母多有心理缺陷，惟養兒之平均心力不過略見遜於常格耳。

按測驗法以考人羣中智力分布狀況，乃知其並不依從任何簡單遺傳定律。然此並非必以智力爲一部分或完全不受遺傳之支配。此實暗示智力之遺傳機構須同時受制於衆多造因子耳。哈爾登曾證明單獨特徵由一固定羣隱性造因子所決定者，遠較特徵由單獨造因子所決定者，不易受淘汰之影響而生變。若智力係由遺傳所決定，則吾人想像中自以爲可用淘汰法以提高人羣智力水準線。惟欲能預測此等方法之效應如何，非俟對於智力遺傳機構上，更加明瞭，遠過今日不可。今日吾人對於遺傳與環境在決定智力時各司何職，殊不明白。故難以蒐集有科學價值之證據，以說明淘汰法宜用以處理精神缺陷，並宜用於教育與社會事務上。各種民族間，各種社會階級間，或果有實在遺傳上異點。惟今日所有號稱此等異點上之證據，大多數究竟有何科學價值，則甚難置信。若云患有中等精神病之人，應由社會方面禁制之，或絕其生育，則在今日尙未能援切實科學證據，而遽予施行。社會生物學家能同意於法定絕育之制，專對患有某種確切遺傳病之人施行，而不必廣及一切希罕且極重之病例。將來醫學研究愈深，或可減輕極重遺傳病也。例如若能發見一種藥類似於凝血素者後，或可挽回患血友病之天才人之困苦運命，而使得以安居樂業，展其專

長。

即對於患和緩精神病者，欲施絕育辦法，亦須先斷然證實此等患者，確由某某特殊遺傳形式所致而後可。雖家譜未必能證明精神病之遺傳性，而毫無疑義。摩根 (T. H. Morgan) 一家世代相傳，常患某種精神病者，未可遽引爲遺傳之咎。因該人家或前處低劣環境中，遂長此被困而不能自拔耳。哈爾登 曾斥援引家譜以證精神病來歷之舉，爲不合科學。哥得德 (H. H. Goddard) 研究精神病家世甚著名。論者每多引徵其說。哈爾登 即引其決定精神病之法之一例如下。文中係形容一低能兒之父母。

「父母皆屬低能，父尤甚。以致吾人討論甚久，不知應置彼於何類。其低能程度竟至使人認爲怪僻。其爲人愚魯，離羣索居。惟工作勤懇，肅靜且誠實。」

哈氏評曰：——

「其人係良工，肅靜，誠實且勤懇，而竟不滿哥得德博士之意。余以爲吾人竟須挾持此類證據而干涉他人，甯非大怪事耶？」

對於極少數患某某種極嚴重極確切病症之人，施行強迫絕育辦法，固可用科學證明其適宜。又對於患他種極嚴重極確切病症之人，施行自動絕育辦法亦然。惟對於大羣人或階級，而施行直接或間接絕育法，而猶謂爲有益，則實無科學理由。哈爾登書曰：「精神病人，若聽其蕃殖，誠然有害。惟以視政府徒執反對階級之罪名，而撲滅，隔絕或餓斃所謂精神不健全之人，其害猶爲輕微也。」如英國若干宣言家即曾攻擊濟貧之舉，與暫助失業人之辦法，蓋籠統認定此階級皆天生低劣云。哈氏又書曰：——

「余以爲強執生理學根據，以圖圓釋此等手段，實乃濫用科學。較彼製造猛烈炸藥，轟炸飛機或毒氣，尤爲罪大惡極。我輩生物學家固無從阻止政治家出此，惟力能極端鄭重抗議，若輩之假生物學之名而行。且在言論尙未失其自由之國家，我輩猶能勸戒民衆，毋濫用生物學一名義，亦即科學名義也。」

社會情形隨地而異。故研究遺傳在人類中所司職務者，遇此輒感困難。霍布金司 (Hopkins) 曾言，近來生物學上得有種種進步者，多賴盡量利用管束實驗法所致。此法乃使受驗動物共處於

幾乎全同環境下。其惟一不同之一二點，則須顯明，爲主驗人所已知，且經其量定者。假若人類受同一薪給，食同一糧額，住同式房屋，皆南向者等等，則社會生物學家較易於研究其問題。今之社會生物學家僅能施行精細分析術，於人羣中偶爾一遇之奇特份子上；如遇全同學子而適分居者，或異譜兒童而適同居者等，始得機會以比較其智力。惟欲求此種分析法成功，必須富有專門經驗之人執行之。否則，泛泛之人必不能直接深諳人類遺傳性上已考定之生物學知識也。

和格本歸結云。今日關於人類遺傳性上之生物學知識，善能導人處理若干分明屬於病理性質之徵狀。此等蓋通常皆歸醫生所治。若求賴以決定社會學上性質，如比較各民族與各階級之天生智力，則爲用尙微。就生物學立場言之，不應對各階級所受教育與公共服務，予以敬輕敬重之限制與區別。其專諉文化興衰之故於特殊民族或階級之先天秉賦者，皆不足與言生物學上強有力根據也。和氏力爭，以爲治社會學者，苟從中央神經系之組織機構方面而鑽研，將較從人類遺傳性方面而致力，多收闡明之益。人類所患，在目前爲社會紛亂。欲治此紛亂，應從學習新社會習慣入手。當較產生新遺傳體質，爲可據多多。蓋人類行爲當較人類天賦易於改造多多。

英國每年爲撫養精神病寄生人，須耗一千萬鎊。爲訓練性情與課程不相投合之學生，又須擲數百萬鎊。於是憂時之士急不能耐。然亦何嘗反顧每年爲擴充軍備用去一萬萬鎊以上，爲供給不勞而食或祿遠過功之社會寄生蟲，更不止此數乎？和格本曰：「今日知識分子困於自私，無情與成見，不能了解目前文化上危急性質。此其威脅於文化前途，遠甚於所謂嚴格精神病之流行所能爲力也。」

第九章 惡性血虧症

一九二六年，哈佛大學民諾特 (G. R. Minot) 與麥菲 (W. P. Murphy) 敘述患惡性血虧症 (pernicious anaemia) 者，多服富有肝臟之特製食品，能收效。據二人驗得前此不出三年即死者，今則大多數增健，且不少竟能照常工作。其治法則日服半磅以上肝臟。肝臟易於攝食，無需特行注射。故此法甚切實用。較勝於患糖尿病 (diabetes) 之用島精 (insulin)。因島精必須注射入體。久注皮膚不免刺痛，卒使神經過敏，發生憎惡之心。故專家多謂服食肝臟以治惡性血虧症，為用補劑治病法中最重要新發見。

專家欲知此病之歷史，性質與療法，可讀德衛孫 (L. S. P. Davidson) 與加蘭德 (G. L. Gulland) 二人所著「惡性血虧症」(Pernicious Anaemia) 一書，便得其詳悉。本章所記亦緊要緊傍行。

最初識惡性血虧爲一種確定疾病者，據已知記載而言，似在一八二四年。時有蘇格蘭醫生科謨 (Dr. J. S. Combe) 於愛丁堡醫藥手術學會會錄 (Transactions of the Medico-Chirurgical Society of Edinburgh) 中，敘述一病人患血虧甚烈。當屬今所謂惡性血虧症無疑。科氏原文如下——

「余以爲余今所記之病例應再多受注意，因其呈現一種甚奇特病態，至顯明也。惟此病竟未嘗得醫學家眷顧。傾余所知英國醫學專家之著作，亦未見記載。惟關於大多數醫學問題，意見本不能不容有若干紛歧。此可容程度乃不幸而甚易使諸家用不同目光以觀察，並錫以異名。論者或願認其得血虧名號之奇特徵狀即足自成病狀。他人或以爲紅色循環物質之缺陷乃偶然情形，表示患者之同化力發生奇變。而變之元始階段又在不可知之列。余亦不能決孰爲最正確。惟有據實陳說本例之真相，並詳記剖割時所見各狀，力求正確與精密而已。惟尙有一言須吐。卽若認有任何成列徵候多種，使血虧成普遍病者，則下文所述可謂此病之最具特發狀 (idiopathic form) 卽純由自起而無他病主使者之一示例也。」

觀此則科氏描寫此一種確定病症之結果時，殆信該症或由同化機構失常，即身體吸收食物中原料供建設用之過程失常所致。

科氏又續書曰：——

「患者係一男子四十七歲，生於鄉間，大部分歲月亦度於鄉間。工作並不辛勞，亦不礙健康。生平守規則，知節制。自兒時即十分健康。從未失血，及余一見其異狀，當即大吃一驚。其狀絕似患假死症 (syncope) 漸愈者。面，唇與周身皮膚皆死灰色。眼白帶藍色。舉動言語皆緩滯。自稱弱甚。靜息中稍用力，而呼吸立迫促。脈搏每秒八十次，其力弱。唇內側與喉內皆幾與皮膚同灰白。大便極無常。多稀薄深黑，且劇臭。小便據云多而色甚淡。食慾未損。近來胃不能納食。幾無一物能下咽。常苦渴。其人並無何種痛苦，可指歸身體任何一部者。雖經詳細檢驗，亦不見任何器官結構有虧。」

「約二月前，彼始道苦。惟已在友人窺破其變容之後。嗣後彼即乏力。且自云頭爲之累。惟又不能記清。足變水腫 (oedematous) 食慾不開。

「余注視其皮膚，色黃暗如蠟，柔軟且嫩。目旁與胸前之蜂窩組織 (cellular tissue) 微突

長，且有水滲出。脈搏微弱。極易爲情緒激動。雖經詳細檢查身體，審慎討論已往歷史，殆全不能解決此病之性質。且其久延不變，與深長成痼，更使醫家難以取決於其豫後 (Prognosis)。

「自初次見醫後，越六月而其人死。其所有一切徵狀皆增劇。水腫蔓延至面與上肢。有水滲入胸內，痕迹顯然。總之，其死徵乃視患水胸 (Hydrothorax)，卽胸部水腫者，所慣有者，無不畢具。初治時，似不再轉劇。惟入後胃與腸過於易受刺激，祇能容最輕緩食物，且幾不能服藥。」

死後驗屍。科氏發見其皮下脂肪甚少。

「色淡黃，作半液態。剖分其頭皮時，曾不見滴血。剝其心臟內部，亦呈灰白色。試擦以麻布，並不染血迹。蓋如水浸多日之肉。右心室內有凝血一塊，色淡。左心室內空無一物。腹內臟腑則頗濡濕。肝大小，形狀均如常，惟色淡褐。脾仍本色，爲唯一尙未變色之內臟。其質甚軟，壓之，竟自行翻出如囊狀。腎內幾完全無血。胰作淺紅色。胃與腸則十分健全，且瘦薄，並不呈現有導管在其上，且透明。周身筋肉皆作灰白色，與心臟同。剖之，亦不流血，僅滲出淺色血清而已。動脈管皆空。頸靜脈 [jugular vein]，股靜脈 (femoral vein) 與肱靜脈 (humoral vein) 亦然。」

自從科謨明察詳述此症後，又有他人繼起，亦敘述此症發生之單獨事例若干次。惟迄無人重視之。一八四九年與一八五五年，阿狄生醫生 (Dr. Thomas Addison) 述及一種號稱阿狄生氏血虧症之事例數起。據謂此種血虧症自成一種單獨病症，並非由於另一病症，如癌，擾及身體而引起之次性血虧症 (secondary anaemia)。一八六七年與一八七二年，沮利克 (Zürich) 俾耳麥教授 (Prof. Biermer) 另行發表，謂若干種血虧症乃特發而非隨起病症。阿氏又言，某種由彼錫名曰進展惡性血虧症 (progressive pernicious anaemia) 者，患之將致血管縮小且破裂；尤以目中視網膜處為甚。俾耳麥於其惡性血虧症定義下，兼收若干種次性血虧症。據謂患癌與腸寄生者，亦間患惡性血虧症。俾氏信生活不適可以致此。蓋此病發現於貧人中特多。凡食物不合，與泄瀉成痼者，每易患之。俾氏以為惡性血虧症在臨診上為衆多不同原因所致之一種獨立事實。厄耳力赫 (Ehrlich) 與其他亦贊助此說。

罕特 (William Hunter) 首先認清，除血系外，神經系，胃與腸皆與此症有重要關係。罕氏察得，凡患者之胃與腸皆致腐，且含微生物異常之多。又檢出肝中存鐵。口腔生腐毒 (sepsis)，其微生

物染及胃與腸。故徒究血之狀況，並無多可得。彼斷定本症係由腐毒而起，損及肝腸間相通之門靜脈 (portal veins) 內之血球。

自厄耳力赫發明用生色精染料 (aniline dyes) 以染血膜即薄血層後，遂力促研究家進探血液狀況。蓋得此助，遂能捉定善閃躲之血細胞，而深加觀察。即對於骨髓內血液構成過程，亦得窺透。因此厄氏斷定本症導源自骨髓；其中有成分不足之血液生出云。

向來以為胃不能分泌鹽酸乃惡性血虧症一大特徵。此說流行已有年。直至最近三年內，始由波士頓卡斯爾 (Castle) 精心鑽究，而獲此症之主要原因。卡氏驗得，牛排與正常人胃液經翼伏保養二小時後，以哺患惡性血虧者，十日而血進步，與日食半磅肝臟者相同。若取患惡性血虧症者之胃液，與牛排混合，而哺另一同患者，其血並無改進。然則胃之不能分泌某種主要造因物，顯為惡性血虧症之真因。今日已知此造因物乃一種酵素或酵母 (ferment)，作用於食物中之蛋白質上，而產生一種物質，貯於肝內，預備輸入骨髓，以管理紅血輪，使其按常態正則而產生。

以上既述本症在醫學史上之始末，今且再言其徵候。本症之起常以漸。最初患者但感孱弱，作

事易疲。惟其人賦性每勤奮，不肯自餒，直至心臟顯現操勞過度之嚴重徵狀，而後始屈服。初時又感舌痛，尤以婦女患者為甚。大約半數患者如此。

患此病已深重者，往往仍能操勞極勤。此為惡性血虧與他種血虧症之別。或因病勢發展緩慢，竟於長期中造成患者身體能適應於病中情形耳。

各種徵候每不易辨識。因本症大多數發生於中年或中年以後。其時身體本漸退化或衰老。自有種種效應，甚易牽涉為一談也。

又僅察患者之外貌，亦不易推定有無此病。有時皮膚呈灰白色，有時眼瞼，足與腿呈水腫狀。有時又有其他徵狀，惟皆非同病者所共有，亦並不特別驚人。

患者每苦於不消化。所食諸物不得其平。此外亦有兼嘔吐，泄瀉與和緩黃疸(jaundice)者。惟專家或不以此等屬之此症本身，而歸之於壞齒，或其他傳染之源。德衛孫與加蘭德記其所見病家，雖經拔除壞齒後，嘔吐仍依舊。脈搏常迅疾，總在八十以外；且一遇激動，或稍微勞力，輒增至一百十，甚至一百二十。惟血壓則低。

死後剖視，腎必有異常處。尿中常有蛋白質。德加二氏以爲服肝以療治，或將使腎中蛋白質產物愈積愈多，則非惟應排除者不能排除，且使腎更失常。

女人患本症時，月經常停，甚少例外。及治至稍愈，或因他故而減輕時，亦有再行者。

至於神經系一方之徵候，則有因脊髓受騷擾而起者。其發生時，手足與身體其他端點感覺麻木與刺痛。約百分之八十皆呈此類輕微徵候。僅有百分之五乃現脊髓受傷之明證。除器官受內傷而生之徵候外，尚有種種精神上之徵候。此等患者每極恬靜知足，出人意表。惟亦有與此恰相反者，則神經衰弱，且易受驚。此類多限於病之最末期，與病愈復發時，其癲狂程度每不深。常誤認他人相虐待，疑及親近皆於己不利。德加二氏記其所憶一訴訟案。牽涉五十萬鎊鉅款。案中人大約卽患惡性血虧症，致憎棄家人，悉舉財產以畀善會。遺囑當然爲家人反對。爭辯之餘，未待法庭執行手續，幸卽和解。

患者約三分之二，皆於病中若干期，呈高體溫，似熱病然。惟其增高程度並不直接與病勢相關。患者之血發生奇變。欲明其概況，須先稍諳健康人血內若干特別分子之構成。正常血較水黏性大

五倍。故吾人常言血稠於水。又比重亦略大。於顯微鏡下窺之，則見內含若干種物體。最顯著者爲淡黃餅狀物。此等餅狀物積多，遂予血以紅色，是爲紅血球。其徑約抵其厚四倍弱。正常人血每立方耗約含五百萬枚。試貯血於內塗石蠟之盛器內，聽其紅血球沈澱於下，成一紅塊，則上浮惟有微黃澄清液體，其名曰成形液 (plasma)。越二十四小時，而紅色團凝成膠狀。蓋紅血球聯合成形液內一種膠狀物質名曰纖維母 (fibrinogen) 者，共成膠狀體。此時成形液既失其纖維母後，僅餘無色透明液，即血清 (serum) 是也。

善用顯微鏡者，尙能窺見紅血球以外，另有其他數種物體。正常血每一立方耗含八千至一萬白血細胞。白血細胞又分二類：曰白血球 (leucocytes)，曰淋巴球 (lymphocytes)。白血球復分四小類：曰嗜中性細胞 (neutrophils)，曰曙色染細胞 (eosinophiles)，曰基性染細胞 (basophiles)，曰單核細胞 (monocytes)。前二者因被染料所染時，各呈特狀，而得名。嗜中性細胞卽食細胞 (phagocytes)，能食細菌。凡身體受傷處，輒有此輩發動，以保守患處清潔。又能使血凝結較速。至於彼等在疾病上究司何職，則尙聚訟未決。其餘之小類細胞之工作則更不明。惟單核細胞亦以吞食他

物爲其一件重大工作，已無疑義。

此四式細胞與紅血球皆生於骨髓內。淋巴球多由淋巴腺產出；據謂功能撲滅血內毒質，而維護人體。白血球之正常成分如下：——

嗜中性細胞	百分之 70
曙色染細胞	3
基性染細胞	0.5
單核細胞	4
淋巴球	20-25

凡視此偏多偏少者，每爲疾病之徵兆。

除白血球諸細胞及紅血球外，又有比較甚多甚小細胞，名細片 (platelets)，於血液之凝結有重要關係。每立方耗容此類約三十五萬枚。

紅血球生於骨髓內，含有紅色素，名血色素 (haemoglobin)，大部分來自脾細胞所捕獲且分

解之老血球。分解出之若干種產物，經輸入骨髓，重行綜合，而成血色素。其長成紅血球之細胞，未經釋放以前，幾已失胞核。試尋新紅血球之未成熟性之踪跡，大可助人發見惡性血虧症血內成熟紅血球，並非完備細胞，乃細胞之完成產物而已。每日耗失紅血球約十五分之一至三十分之一，故紅血球之平均壽命約十五日至三十日。但一人之血移注於另一人體內，雖隔一百日後，再行凝集檢驗法，有時尚可發見原血球。故血球壽命可遠過平均值也。

自由紅血球之大小，形狀與情況極一致。若血液中呈現未成熟細胞，仍挾有發育完善之核者，則有疾病嫌疑。若紅血球大小，形狀參差，亦為病兆。未成熟紅細胞之輸入血液，原為增補血液之不足或不健全。患惡性血虧症者之血，與健康人之血大異其狀態。紅血球每立方耗本應含五百萬枚，竟減至一百萬，或不足一百萬枚。自五百萬退至一百萬其退頗緩慢，需時半年或一年。故患者身體竟能逐漸習於五分一常量紅血球，亦即五分一常量血色素，而仍能維持其工作。當血色素自肺挾氧至組織時，身體儼若缺氧而困頓，如攀山而感空氣稀薄也者。患者覺疲弱與喘急，頗似登高所遇之象。惟惡性血虧症來臨以漸，遂使身體得機，漸與少量紅血球相習，依然得執行其工作。此為惡性

血虧症與他種血虧症最顯著不同點。若患癌，血毒或他病，而引起次性血虧症，則當每立方耗中紅血球數減至一百萬時，便不復能照常執業矣。

至於紅細胞之大小則已變為參差失常。平均寬度已增百分之十五。惟直徑變異指數更為可驚。健康時，此數約在百分之五至七間；患惡性血虧症時，則自百分之八至十八。

血中若存有異常大紅血球，亦為一重要特徵。當每立方耗內血球數減至一百萬時，即有未成熟紅血球自骨髓排出。其核猶未消失。上文已言，此時骨髓實勉強工作。

血內白細胞之數亦改觀。每立方耗內白細胞總數自九千減至五千，甚或五千以下。前言健康時白細胞百分之七十係嗜中性細胞，二十五係淋巴細胞。及患惡性血虧症，而此二百分數可變為四十與六十。此相對變異之方向示骨髓已失常。因嗜中性細胞與紅血球同為骨髓內所生，而淋巴細胞則來自淋巴腺也。故惡性血虧症與骨髓發生關係多，而與淋巴腺發生關係少。又惡性血虧症對兩組白細胞發生異樣效應。此足證明本症非由血內有毒或細菌等故而起。苟不然者，主毀力對於各種細胞一例攻擊，不應有何偏欹也。

嗜中性細胞之核亦呈若干反常結構狀。

血中細片亦自每立方耗三十五萬枚，減至與紅血球減至之率大約相同。即後者縮為一百萬，前者祇餘七萬。

胃與腸中所生變亂，幾與血中所生者，同等驚人。德衛孫曾比較職業足球家與專修體育學生之糞內之細菌，與患胃癌惡性血虧症及他病者之糞內之細菌。足球家雖在嚴格訓練中，惟並未經教練規定飲食，且彼等亦無特別食嗜。全體均善啖肉，且有日食三次者。彼等之糞含細菌極少。患惡性血虧症者之糞則藏細菌遠過之。如大腸菌 (*Bacillus coli*)，連鎖細菌 (*streptococci*) 皆多過正常病人，或甚至患胃癌與劇烈次性血虧症之人。而威爾斯桿菌 (*Bacillus welchii*) 更甚。據用定性法，縝密檢驗惡性血虧病人糞內大腸菌，威爾斯桿菌與連鎖細菌後，得悉並無何等特式細菌與本症相關聯者。蓋尙不能證明惡性血虧症由於某種桿菌而起也。本症發生時所具諸情形，僅予人糞內平常原有桿菌以蕃殖良機，而使超出常額耳。

又經檢驗胃與腸之內容物所含細菌，亦得相似結果。蓋亦無何特種生物，與本症相關聯。惟腸

中原有住戶如大腸菌、威爾斯桿菌、連鎖細菌，則大增。德衛孫書曰：小腸內細菌大增，每爲本症之一重要徵兆。

腸內細菌所以大增，胃健康時本無細菌，病時所以有之者，皆因胃液不能供給自由鹽酸。胃健時，有強酸性液分泌入其中，細菌遂不能生。患惡性血虧症者，連細菌並食物共吞，細菌亦有來自口鼻，喉內之瘡患處者。其胃不具酸液，不能如健康人隨吞桿菌隨殺之。此外另有病源，胃之出口處，筋肉鬆弛，失其控制力。食物入胃本當待一小時始縱出者，僅能停留半小時；甚至反湧而回，則挾腸中桿菌至胃中。

胃之停給自由鹽酸，乃惡性血虧症最確鑿徵兆之一，惟並非本症之結果。患者多服肝臟而能照常工作後，胃中仍無自由鹽酸。胃與腸仍多桿菌，多過常態。然患者並不以爲甚苦。

凡胃液中無自由鹽酸者，皆有患惡性血虧症之危險。曾有人檢驗一百名醫學生之胃液，發見四名無自由鹽酸泌入胃中。缺酸與患此症，究有何相關，尙未訪明。惟缺酸之人易患此症，終當慎防之耳。

醫界曾勸患者服鹽酸，以消除胃中之毒，並滅滅細菌。惟此鹽酸入胃後，無何即被中和。胃中以缺自由鹽酸，或即因有過強鹼性黏液泌出，而盡奪去之耳。雖然服鹽酸未能恢復胃中酸性作用，顧或可奏他效，如防遏泄瀉等。

此外尚有其他重要消化病與同化病，與本症皆相關聯。當本症愈而復犯時，患者所耗失之氧，每多過其所吸收。健康成年人或動物由大便排出之氮之量，即等於由食物輸入之氮之量。人或動物之身體不能從空氣中攝取氮，而同化之，僅能利用已與他物質化合後之氮。吸入之空氣過肺時，肺亦不截留其中之氮。呼出之氣亦不挾體內之氮俱去。當氮過肺時，全不活動，猶如在內燃機關之氣筒內者然。汽車機關釋出餘氣內所含氮，仍與經過進氣管而入時之空氣內所含，恰相等。身體既不能直接利用空氣中氮，則製造蛋白質與肌肉性物質時，所需之氮，必取自食物。又因呼出氣與吸入氣所含氮量等多，則食入之氮自不能隨氣呼出，而惟有藏於溶解於尿、汗與糞內之物質內。人體健康時，從食物所得之氮量，與排出之氮量，常維持平衡。惟當身體生長時，或積極操練而增加肌肉時，則不然。熱病與失健後方復元時，排出之氮量，不及食入之氮量。蓋有一部分食入之氮，須供彌補

損耗之用也。病中因組織之消耗，所失氮量可多過所吸收。惡性血虧症即屬此例。

一九一七年，巴刻 (Barker) 與斯普藍特 (Sprunt)，一九一八年，摩森塔爾 (Mosenthal)，均驗得若強喘患者以肉類等富於蛋白質之食物，可暫時維持氮量之平衡，甚至漸積多量，預備彌補損失。氮量平衡有進，則健康亦有進。此可從血內紅血球與他種血細胞之增多，以爲證。

以上概述惡性血虧症之若干象，或已足昭示本症之複雜情形。血之狀態改變特奇，胃與腸亦然，神經系亦生變，甚惹人注意。探討家有通病。常爲強力所迫，而專於最明顯事實上索解，初不問其真因乃每在其他未知事實上也。此種傾向驅人認定病徵而求治，而不追究其致此等病徵之主動力或份子，以圖解決之。結果遂成今日流行之理想化態度，專執一徵狀，定准以爲主因，而悉歸其他徵狀於隨生之列。

惡性血虧症之爲人認識，恰逾一百年。至其成立爲熟識獨立臨診事實，僅約六十年事耳。在此六十年中，最足爲謬誤循環理論法表白妄誕。至於妥善治療法之得以發見，並非受激於顯著徵狀範圍以內之探究工作，而乃受激於本症問題上，直接探討工作範圍以外，正在進行中之一種科學

運動也。蓋自現代食物之研究一問題興，始鼓動人類理智，使向正當途徑上，訪求滿意挽救法。此研究問題中，尤推生活素生理學與生活素化學為著名一支。現代對於食物影響所以能成立種種精密概念者，又多虧霍布金可勳爵(Sir Frederick Hopkins)。霍氏初研究化學分析法，嫻熟後，方習醫。年近三旬，始入醫院實習。其一至病房時，早已胸有成竹；況又天生心思緻密，且飽經科學訓練。彼時茶點館之風已流入倫敦，此與打字機之發明，一部分有關。因此機通行後，城中忽增甚多打字員，而舊式酒樓不適於少女光顧，遂有小食館應運而生。少女輩不欲多食，而求經濟，又畏酒樓嘈雜粗野也。倫敦霍氏醫院有一住院外科醫長已注意女打字員就診者甚多，且抵抗疾病之力皆甚小。彼等慣食甜麵包，飲茶。外觀若已饜其慾者，又不自怨滋養欠缺。然體質則似乎孱弱。此外科醫生試予以檸檬液，果使彼等增加體力。霍氏聞之，決俟得機，即行用科學法，精密探究其功用。二十年後，竟能首先證實有所謂生活素者存在。當現代衛生學家未曾認識食物精義以前，凡治療惡性血虧症之醫生，皆不以特定病人飲食為第一主要辦法。彼時僅知食物功能協助身體，戰卻病魔。身體既得充分滋養，遂能抵抗病魔，而收較大勝算耳。故須準備食物，為失常之胃與腸所易消化者。若干探

究家企圖發見食制，可以祛除顯著病徵者。當血內紅血球大減時，在循環系中運行之鐵亦大減。蓋鐵爲血球內紅染料，卽血色素中一重要成分也。此輩遂推崇含鐵之藥或食物，而實不知其謬。惡性血虧症根本不由於血中缺鐵而起也。非但不缺，且有過剩，當患者死後，其一特著徵狀卽爲肝中藏鐵過多。

其他依據徵狀而治療者，又有用含砒藥方與輸血法者。砒激起骨髓之動作，使多產紅血球，送入血流中。患者初服砒，頗多奏效者。惟久服之後，漸失效。愈多服，愈無補。

用輸血法以治惡性血虧症，乃始於一八八〇年。按最新技術以行之，其初固有效；惟早經注定，不能終久治愈本症，則以本症乃起於造血所經機構上有缺陷也。新血內細胞耗損後，不得充分合適之償補。故輸血亦祇屬權宜辦法。惟此病深入之後，用輸血法救治，亦可奏奇功。因患者有時弱至不能消化肝臟，則得血之接濟，可振作一星期之譜。乘時多服肝臟或肝臟精華，此際消化力足以同化之，乃有永久治愈之希望。

早年研究此症者，已有多人注意及於更換食物與空氣後之暫時功效。一八九四年，夫累則

(Fisher) 所察得者，尤推最可驚人。夫氏先已試以含鐵劑與含砒劑予患者服，未見效。遂改試用牛與犢之生骨髓，則奏效神速。每立方耗所含紅血球數竟自一百萬增至四百萬。其他血細胞亦照比例增加。此單獨事例所表示骨髓之效力或未足為據。且患惡性血虧症者有時自愈，若無原無故者。然惟夫氏確已逼近一大新發見之闕矣。假使夫氏觀察此事乃後二十年，而在生活素食制問題之空氣中，則可不至如彼時之受縛於按徵治療之誤想。彼方致力於選定食制，以治愈惡性血虧病人骨髓所呈病徵。彼誠能秉現今食制問題上精密定量概念，而考慮本問題，或竟早研及食制之定量細則，遠較當日詳盡，且避去偏重徵狀之弊矣。至於治本症之最驗方，則得自檢驗動物時，而並非得自試療病人時。此蓋醫學發明事件中所慣見。病人之身常不易，亦不便於施行試驗。病人固人類未可過於嚴厲相遇。欲求某種療法能達何等極限，甚難一一試出之。病人之一般生理狀況已失常。欲求一種療法之效應究作何意義，亦是難事。醫生自不免以治愈病人為先，以推進科學知識為後。且病家延醫，亦原求愈病為主。若須試行嚴合科學之方法，當然以對動物，甚或健康人之體為較便。從長計劃，此等試驗工作，實較純粹臨診探討，更能啓發新醫學知識。如惡性血虧症之治法小史，即一

顯例。五十年間，從臨診方面，研得惡性血虧症種種徵狀。所知廣博，廣博至使人目迷五色。終待從一般生理學上探討，而非仗本症特徵上專門研求，始尋出有效治療法。馬克里 (J. G. Mc Crie) 曾撮錄有關惡性血虧症治療法之食制研究小史，饒有趣味。書中云一九一九年，華盛頓卡內基研究院主辦實驗時，嚴格限制二十四健康人之飲食，而察究其效應。則大多數受驗人血中皆微呈次性血虧症之狀，乃由食料不足所致。

喜普爾 (Whipple) 與 洛布晒特 (Robachet) 所研究者最為徹底。二人先造成患血虧症之犬，再試驗食物對犬之效應。再三深究，於一九二〇年發表若干結果。彼等量得每犬所有血之容積後，逐日抽去各四分之一。連抽二日，使諸犬皆失原量之半，而皆生同等血虧症。察其恢復原量與原狀態所需時間，又察各種食制對於復元遲速有何影響。皆一一筆錄之。據驗得，照常服食殘肴者，越四至七週而復元，飽飼以肉與牛心者，越三四週而復元；食熟肝者，越二至四週而復元。又驗出肝中加水而提出之精華，能使血重生，其效雖微而明確。惟市售現成牛肉汁並無補。凡善助血向榮之食品，單獨或與他食物混合，皆能生效。雖用於長期缺乏滋血食物之後，仍能奏功。

一九二五年，喜普爾與洛布晒特與洛賓斯 (Robscheit-Robbins) 更述此等探究之進展。彼等蓄數犬，常取其血，使常患嚴重次性血虧症。此等犬服牛肝復元最速，牛心次之，服牛肉又次之。因斷定欲治彼等所驗過此類嚴重血虧症者，以多食肝為最易恢復失血。又謂肝之功效不變。雖與他項食品同進，亦無傷。且不拘該犬患嚴重血虧症至若干時日之久云。

似此強有力斷語遂大行鼓動醫界，起而鑽研人類患惡性血虧症後之診治法。借動物之身體以驗治病法，甚能增進醫學知識。觀於喜洛二氏燦然成功，可概其餘。彼等使衆犬生活於同等狀況下，而確切考驗之。經多次之後，始表明服牛肝極能挽回失血。證據確實，不由人不信。若待從人身上直接驗得此情，恐極難有望，則以人性早已成習，不允借人體供此等長期嚴酷試驗也。然此法一經發見，反覺淺易至無可再淺易。所難能可貴者，則在事前孰能料及日食肝半磅，乃能治愈身懷惡性血虧症諸種痛苦之人哉？試問消化系已衰弱，尙能每日吸收若此大量肝臟乎？主驗人設非先挾有此法之或可靈驗之證據，而遽強人多服不可口之肝，得不被人斥為酷虐乎？試驗動物後，因得確切知識，始予臨診家以信心，移試其新法於人身者，蓋已數見不鮮。此等新治療法，不遇相當提示，無論

若何神效，恐亦將終於投閒置散耳。

民諾特與麥非多因受喜洛二氏實驗結果之影響，始試哺若干惡性血虧病人以此類食品，即每日烹熟之肝自四分之一至二分之一磅，瘦肉四分之一磅，蔬菜至少五六兩，牛乳四分之一磅，與乾硬麵包若干甚少給糖。據民麥二氏查得，凡食澱粉較普通成分為少之人羣中，惡性血虧症較罕見。彼等以為本症或起於某種營養成因，遂旁述患熱帶消化器黏膜炎 (gastro) 者宜多食草莓。此種熱帶病之徵候極似惡性血虧症，有時幾無從分辨。最初四十五患者從此食制，死去四名。此四名病勢本已極沈重，當然無轉機。餘人不出二週，皆大開食慾，狂吞此類制定肴饌。健康人日食若此大量肝與肉，難保不犯惡心。願惡性血虧病人始終食而甘之。一週末，血已有進。越四至六月，而三分之一患者已恢復正常紅血球數。其餘至少亦滿原數之百分之七十。

更經實驗，而知肝實本食制中重要份子。

一九二七年，科因 (Cohn) 指出肝可製成一種精華，用治惡性血虧症有效。此精華不溶於水，並不具有鐵或蛋白質之作用。置於醇內則沈澱。從此可見肝中活動份子比較簡單。將來或能於實

實驗室中隔離而出之，並綜合而成之。科氏隨後復示此分子可用磷鎢酸 (phosphotungstic acid) 加於肝上，以沈澱出之。科氏獲此物後，更驗得每日予病人以 0.5 克，已足挽回健康。且此肝活素既成濃粹狀，則病人不易吞食大量肝臟時，服此以代，尤便。祇須稍服微量，足抵大量肝臟。近二年中，醫界已習用肝精作注射劑。注射法較食肝或肝精靈驗三十倍。尤以遇病至極劇時，為無價寶。更有一種新劑，製自豕胃，據云較肝或肝精更驗，更廉。

民，麥二氏積多經驗後，復發表云，若以肝治病人，滿六週仍不見影響，則大約斷診有誤。

肝療法，審慎施行，並不至引起新次性病苦。德衛孫與加蘭德書曰：世人應防亂食肝臟，因肝療法僅適於惡性血虧症之用；對於他種血虧症，奏效遠遜。凡某病新得靈驗治法後，醫生最易誤認他病之徵候為此易療病之徵候。今日醫生偶誤斷猛烈血虧症為惡性血虧症，而遽命多服肝，初未察其實乃次性血虧症，由於他故，如胃癌等，而起者也。

德，加二氏亦曾批評本療法之不合實際，則以貧人無力多購肝。自從發見服肝可愈惡性血虧症後，而肝竟成珍饈，愈非貧人所易染指。孰料科學醫術上最大成功之一，竟貽此矛盾之譏。新療法

與，肝價已飛漲。所望法律應保障患者，俾得以平價而獲多食肝也。