

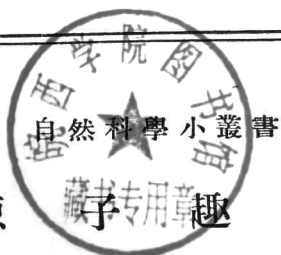
新 中 學 文 庫

原 子 趣 話

郝 樂 著
李 澤 譯

商 務 印 書 館 發 行





原

話

B. Harrow 著
李澤彥 譯

王雲五 周昌壽 主編

商務印書館發行

(57140.1)

原子趣話 一册

Romance of the Atom

價國幣叁元

地點外另加運費

B. HARLOW

李澤彥

王雲五

周昌壽

上海河南中路

朱經農

商務印書館

商務印書館

地務印書館

地務印書館

(本書校對者褚志政)

譯者的話

邦哲明·郝樂是一位有名的化學家。他的著作都以簡明的語句敘述複雜的學理見稱於世。因此，他能使讀者於愉快閒逸之中，得到不少有益的知識。原子趣話是他的一本得意傑作。它受一般讀者的歡迎，自是意中事。這本書既有科學的真實，又有小說的動人；確是一本不可多得的原子學說概論，更不愧稱爲一本科學名人小傳。所以，研究科學的人，尤其是研究化學的人，讀了這本書，對於科學基本知識，尤其是原子構造學說，當能得到一個明確的概念。就是一般的人，讀了這本書，也必會燃起他那顆對於科學的好奇心；至少，他能夠知道物質世界究竟是怎樣的。在千變萬化中，還有一個整而不亂的自然條理。最後三章，雖說那是題外的話，它卻加倍的動人。其語意深長，讀者自能領悟，無庸筆者饒舌。

本書作者敘述原子，至一九二六年爲止。自一九二六年至一九三六年，中間相隔十年。在這短

知的十年中，科學世界，尤其是化學田園，不知翻了多少新花樣。祇就重氫的發現一項而論，已是弄得化學家沒一個不是歡天喜地美不勝收，這種興盛的境況，真是空前所未有。本書敘述的是原子一項。可是，今日的原子構造觀已非昨日的原子構造觀，因今日的原子核已不是昔日的原子核了。一個複雜，一個簡單，不可同日而語。本書的內容是有補充的必要。因此譯者增編續第九章原子它的構造一章，想不致有『畫蛇添足』之嫌。

原序

作者很想一方面竭力避用術語，一方面嚴格使意義確切，敘述化學家和物理學家，闡明隱藏在原子內的許多深奧神祕的燦爛偉業。本書中有一小部分材料，曾在赫卜兒雜誌（*Harper's Magazine*）上發表過。人們都知道，郎格摩博士（*Dr. Langmuir*）對於原子構造學說，極多貢獻。本書凡涉及他的工作各點，都經他親自指正；但如仍有錯誤之處，則其責任由作者自負。

至於鮑耳（*Bohr*）的偉大事業，很少論及的緣故：第一，因為作者著書的初意，只在用簡單的方法，解釋化學作用是什麼；在這一點上，郎格摩學說比較適合。再則，要瞭解鮑耳學說，必須對於物理學和數學具有相當根柢；這似乎不是一般讀者所能辦得到的。而且，要想將鮑耳學說『通俗化』，正像將愛因斯坦學說『通俗化』一樣，那是不可可能的。

最後三章，乍看好像與本文無關。但因近代科學家的工作，很能左右公民生活；這是前所未有

的事。所以作者也將它們編入書內。還望讀者諒之。

目錄

第一章	鍊金術和化學的曙光	一
第二章	普里斯特利和近代化學的曙光	七
第三章	原子	一三
第四章	原子：孟得雷業夫	二〇
第五章	原子：克魯克斯	二八
第六章	原子：電子	三六
第七章	原子：居禮夫人	四四
第八章	原子：未來的能量	五八
第九章	原子：它的構造	六五

續第九章	原子：它的構造·····	八三
第十章	原子構造的應用：雷厲和拉姆賽的功業·····	九五
第十一章	原子構造的應用：郎格摩的功業·····	一〇九
第十二章	科學與生命：生命的原始·····	一二七
第十三章	科學與生命：科學的應用·····	一三七
第十四章	科學與生命：科學家與公民·····	一四四

科學家肖像

- 道爾頓 他是原子學說的創造者……………一五
- 孟得雷業夫 他是原素週期分類法的作者……………二一
- 克魯克斯 他是對於類似原子現象研究最早的人……………二九
- 湯姆生 他對於電子和質子的研究最具功績……………三七
- 米理根 他是電子的量度者……………四一
- 居禮夫人 她是鐳的發現者……………四五
- 蘇德 他研究輻射化學最爲努力……………五五
- 羅澤福特 他對於原子構造學說極多貢獻……………六三
- 阿斯東 他是一位研究同位異量體的卓著實驗家……………六七

- 呂卻爾斯 他在原子量的量度工作上最負名望……………七三
- 莫斯雷 他是原子序的研究者……………七七
- 鮑耳 他是原子構造學說的創造者……………八一
- 雷厲 他是氫的發現者之一……………九七
- 拉姆賽 他是大氣中稀有氣體的發現者……………一〇三
- 郎格摩 他的學說對於闡明化學作用極多貢獻……………一一一

原子趣話

第一章 鍊金術和化學的曙光

在一六六七年出版的一篇短文中，奧蘭吉親王 (Prince of Orange) 的醫生希耳非惜斯 (Helvetius) 敘述道：有一怪人送他一個奇怪的袋子。袋中有「三大塊像玻璃或灰色硫磺一類的東西。那人告訴我，所有的藥料，足夠製造二十噸黃金之用。於是，我即關照妻子，將藥料封入蠟中，同時，我自己製作了六個金幣。隨後，我就將包在蠟中的藥料倒在一塊鉛上。當藥料開始融化時，發出一種噝噝聲，並微有沸騰的現象。一刻鐘後，我發現整塊的鉛全變成最精美的黃金……我們立即將它拿去給金匠看。他毫不遲疑的說，那是他有生以來所未曾見過最精美的黃金。他還肯出每兩五十枚小金幣的高價，向我收買呢。」

這消息，像烈火一般的傳遍了全城。自親王以下，每個人都跑去看那醫生，特別是他所製造的黃金。造出的東西是黃金，那是毫無問題的。但要重新製造更多的黃金，則不僅需要更多的鉛，還需要更多的藥料。前者是很容易得着的，後者卻不容易得到。那個素不相識的怪人，藝術家伊力斯（Hilts），不會再到人間來。既然只有他有藥料，變鉛成黃金的工作，就得等這位偉大的藝術家再臨人世的時候，纔能實現。希耳非惜斯又寫道：『在我們友誼談話的最後一天，他於未離開我之前，告訴我說他是到聖地去的。也許上帝的使者對他加以呵護，長期的守護着他，藉以賜福於基督教國。』

將事實與謊言，科學與神學，離奇的混為一談，這是鍊金術家的特色。我們加以表面的觀察時，知道鍊金術家的目的，在於藉『哲人石』的幫助，將所有的賤金屬都變成黃金。但如深刻的觀察之，即會啓示我們，那是希臘人和阿拉伯人遺傳下來的哲學，不過深染了當時流行的神學色彩。若刪去那神怪的語句，則可知引起他們實驗研究的哲學背景，是一種見解，以為各種物質不過是土、空氣、火和水的不同變體而已；從單元的物質，漸漸變為複雜的物質，形成各色各樣的狀態，充實了

整個地球這個觀念，至少是鍊金術家對於金屬之演變的看法，或者亦是他們對於一般無生命的東西之演變的看法。他們因為太拘於當時——中世紀大部分的時期——的神學，故不能將演變學說，應用到有生命的物體上。

初期的鍊金術家都是神祕主義者。他們要不是神祕哲學的信徒，便是相從以神祕哲學做基礎的典籍者。他們對於希臘人遺傳下來的哲學十分熟悉，但多少加以曲解。他們不但表現出希臘人所未曾表現過的，而且還接受了阿拉伯人對於處理物質的愛好心，不僅僅以探究物質的欲望為滿足。在他們看來，金屬好像是我們人的生命的象徵。銅鐵等『賤』金屬猶如『賤人』；金銀等『貴』金屬，特別是金，類似『貴族』。黃金代表美以及不受侵蝕。至於黃金怎樣成為區分貧富的標準，那是全出於偶然的。

培根 (Bacon) 在他的學問的進步 (Advancement of Learning) 上說：『鍊金術好比一個人，對他的兒子說，他曾留下許多黃金，藏在葡萄園裏。後來，他的兒子們掘遍了滿園，尋不出黃金的影子。但葡萄根卻藉此深入土內，產生了豐美的收穫。同樣，因尋求和致力於黃金的製造，引出了

許多有用的發明和有益的實驗』

久經忽視，直至晚近纔被認識的鍊金術家之兩大貢獻：一是演變的概念，一是原素間有相互變成的可能。原素變換的理論是從演變假設中導引出來的。鍊金術家說過，各種金屬，如金、銀、銅、鐵等，不是在本基本上有什麼不同，乃是一樣和同樣的物質演變出的異體。所以，他們想，自然中必有一物能使原素從一種變為另一種：此物就是哲人石；也就是鍊金術家技巧上的結晶品。於是，探尋這種石頭，竟成了這班人的唯一奢望。

『哲人石』漸漸超越了初期著作者和實驗家的範圍。後來，它不僅被用於化賤金屬為黃金，竟被認作長壽的金丹了。巴拉失爾塞斯 (Paracelsus, 1493—1541) 說：『沒有東西可以使人不死；但有一物可以駐顏，返老還童和增人的壽命——那就是哲人石。』

歷史常是重演的——至少，有時是這樣的。直至居禮夫婦 (Curies) 和湯姆生 (T. J. Thomson) 等幾位，將向來所承認的物質構造之觀念，加以根本的糾正以後，思想乃改變；在此以前，一般化學家和物理學家，甚至其中很有名望的，一向小視了他們的先輩，鍊金術家的工作；以為他

們的變換實驗是荒唐無稽的。尤其是無識別力的歷史家，在他們看來，真不知有多少可以蔑視和嘲笑的事！有成見的化學家，亦因對於中世紀的精神缺乏了解，每厚非鍊金術家的實驗。他們的實驗敘述，都隱匿在含糊的語句中。就是化學歷史家，也沒有一個能十分的精細，將那些向輕信的羣衆，專以騙錢爲目的的敗類，與真正的鍊金術家分開。真正的鍊金術家都是懼神者。他們對於尋求哲人石的興奮，不是爲了滿足財富的欲望，乃是出於實驗哲理的熱忱。拉得格羅菲 (Redgrave) 說過，化學和物理上的新時代，給與我們很多傑出的處理人材，但真實的思想家則極少。對於這番言論，我們至少有一部分是極表同情的。當鍊金術極盛時期，合理的事實雖少，深刻的思想卻多。這並不是說，我們應該重新回到那不知實驗室爲何物的時代去；但是，我們需要更有力的思想——在科學方面和非科學方面。

較重的原素是二個或多個較輕的原素所結合而成，以及金屬變換是可以實現的理想，這兩句話，在今日的科學家看來，已無疑問。暫將那尙成問題的拉姆賽 (Sir William Ramsay) 變換實驗不提，我想沒有人會懷疑羅澤福特 (Sir Ernest Rutherford) 近來在原素變換上的成功。

他利用由鐳放出賦有強烈轟擊力的射線，將氮變成爲氫。一二年前，梅蒂（Meitner）不是曾宣佈過化汞爲金的成功麼？無論如何，既然氮可以變成爲氫，爲什麼遲早我們不能將『賤』金屬變成爲黃金呢？

第二章 普里斯特利和近代化學的曙光

在歷史上，普里斯特利 (Priestley, 1733—1804) 與創立美洲聯邦國的功臣，有同等地位。而且，近代化學的產生和美洲民主國之產生，同發生在那一個時期。普氏的偉大發現，氧的隔離和鑑別，是在一七七四年完成的。下面是他自己對於那實驗的敘述：

『自得到一個直徑十二英寸和焦點距離二十英寸的透鏡後，我即以最大的興奮，開始工作。藉透鏡的幫助，我欲發現何種物質會產生何種空氣（他稱氣體為空氣——註。）我將那些物質分別放入一個裝有水銀的器皿中，再將那器皿倒置在水銀杯裏。利用這套儀器，在一七七四年八月一日，我極想從 *mercurius calcinatus per se*（氧化汞）中提取空氣。我立即知道藉透鏡的力量，可以立刻使那空氣從此物中排出。得到了三四倍我所有的材料後，我便放了些水在器皿中；空氣並不為水所吸收。但是，最使我說不出的驚喜者，就是蠟燭放在這空氣裏燃燒，能發出極明

亮的光輝。一片燒得紅熱的木片，也能在其中發火；正像紙張浸漬硝酸液後，能夠極快的燃燒一樣。氧就這樣的被發現了。我們知道氧是空氣的成分之一，水的成分之一，就是在別種物質中也能尋出氧的存在，並且，氧是生命絕對不可須臾缺少的東西。由這個發現，普氏確定的將那烏煙瘴氣的鍊金術，一變而為近代化學的光明大道。不過，普氏還不能完全跳出他的時代；他依然堅持燃燒的「燃素」學說。他和他同時代的名人，都以為物質之所以燃燒，因為其中放出一種「燃素」，一種藏在一切可以燃燒的物質中，帶有神祕性的東西。但後來法國的先進化學家婁華錫（Lavoisier，1743—1794）則指出這簡直是笑話，因為物質在燃燒後反較燃燒前還重，所以，燃燒對於物質的重量是增加，不是減少。婁氏在其許多劃分時代的實驗中，指出此種重量之增加，即由於普氏最初所分離出來的氧。

科學家對普氏並不吹毛求疵。事實上，就燃素（燃素一詞是由希臘字演變出，含有「燃燒了」的意思）一題而論，普氏類似於中世紀的鍊金術家之處較多，類似於近代的科學家者為少。雖然，這位偉大的法國人，能將物質燃燒的真實現象表演出來，並有種種事實為之證明，但婁氏的天平

對於這位英國人卻很少影響，他仍追求燃素，好像羅基（Sir Oliver Lodge）追求以太（Ether）一樣的專心。在普氏看來，好像科學上的發現，大都出諸偶然：你做一件事，隨後再做另一件事，心中並不預先存有什麼特殊的目的，直等到有一天，幸運對你微笑，你分離出一種氣體，較空氣助燃的力量更大。話雖如此，我們卻不能說，普氏的名望，完全由機會造成，因為這是很不公平的判斷。其實，他有極高超的創造天才，雖然，他的論理的推敲，並不高明，但他能極敏捷的抓住要點。他與現代著名的化學家拉姆賽一樣，既有推判的天賦，又有技術的才能。

若是普氏能專心於科學研究，他可以久住，甚至老死在他那心愛的英格蘭，還可被尊為祖國有功的人。可是，他那活動的思想，總是廣泛無邊的漫遊着。他是一個非國教徒（Non-conformist）的兒子，所以，他對於宗教常持異端的論調，就是在公衆場所，他也決不放棄他的主見。像近代的托爾斯泰（Tolstoy）一樣，普氏視他的宗教見解高過一切。在他看來，化學只是合意的娛樂。他到實驗室去，大有住在郊外的闊人到考爾夫俱樂部去的風味。他以牧師為正業，以科學家為副業，是一個熱烈愛好真理的人，無時無刻不在準備將真理向羣衆高呼，故他永久與『定律和秩序』相衝。

突。一七九一年，有一羣白明漢（Birmingham）市民議決慶祝巴斯梯的陷落（the fall of the Bastille）。這種舉動轟動了社會。街頭巷尾，人言藉藉，都說這種帶有『激烈性』的慶祝，是顯著的異教徒而兼化學家的普利斯特利所領導發動的。因此，暴民要求公判。結果，暴徒們竟燒毀並搶劫他的教堂和住屋，而他自己僅得身免其難。不得已，他只好向倫敦逃命，避住在倫敦的郊外。這樣過了三年，到一七九四年，他因為厭惡和氣餒，竟毅然決然的搬到美國去住了。

當普氏橫跨大西洋逃亡迫害的時候，他的畏友婁華錫即開始與法國革命領袖，起正面衝突。婁氏是一個貴族。他曾替貴族政府做過鄉軍司令和收稅官之職。『人民之友』馬哈（Marat）不甚看得起他。婁氏是一個貴族，那已足夠定他的死罪！馬哈在一激烈的標題現代的敗類之下寫道：『婁華錫是一個傳說上的發明家的始祖。他自己並沒有中心思想。專門搶奪別人的思想以為己有。可是，他又沒有理解的能力，故仍將此項思想，迅速的放棄，而且常改變他的學說，像換鞋一般。』噫！人類的歷史上，又有一次，一個伽利略（Galileo）被迫受難了。這次並不是受法庭和宗教的迫害，卻是受人民的迫害，在自由名義之下判定了罪名有一次，一個聰明的人私地裏議論

道雖然百年尤不足以產生一個如斐氏那樣的人，可是，要斷他的頭，卻不須一瞬的時光！

言歸正傳，我們還是繼續談論普利斯特利吧。美國人對他的感想，可以用富蘭克林（Benjamin Franklin）的言論來表白。他寫給一位朋友說道：『我稱他忠實，並不是我有意恭維他，就我所知，所有的異教徒都是有道德的人。他們有不屈不撓的美德；不然，他們決不會去冒險為異教爭生存。若是他們在別方面有欠缺，那不當替敵人造機會……可不要誤會我的意思。不是爲了我好友的異教，我纔贊許他的忠實。其實，是他的忠實使他具有異教徒的特色。』

在紐約，普氏受到像大將凱旋榮歸一般的熱烈歡迎。新聞記者忙着登載『偉大的普利斯特利博士』的消息。各機關的代表也忙着歡宴他。紐約市民主社（Democratic Society）社長尼古爾生（James Nicholson）在他的歡迎辭中說：『舊世界的政府給與我們不可勝數的陰謀，敗德和暴政。——現在，他們大多數都是朋比爲奸，設法阻止法國共和的實現，力謀將人權整個的毀滅。在這種惡劣環境之下，我們應該快樂，因爲還有美國肯伸出兩手，用着友愛的熱情，歡迎自由和人類幸福的朋友的光臨。』一七九四年，陶夢尼社（Tammany Society）對於普氏亦表歡迎。

而致敬意，此社『爲自由人的團體所組成。彼此互助協謀自由的愛好和美滿民主政府的福利。』他們『在惋惜和憤慨中，聽到那些破壞者的許多摧殘，毀壞了你的房屋和財產；拆毀了你的哲學工具和圖書館；焚燒了你的手稿；窺探了你的祕密和私件；甚至將你的生命置諸野蠻兇暴中，瀕於危險的境地。』

在四圍都是同情於他的朋友的環境中，這位哲學家和他的兩個兒子就在美國潘夕法尼亞省諾森柏蘭縣（Northumberland, Pennsylvania）住下，過農家生活。在他的餘年中——約十年光景——他還一心一意的著述教會歷史；並努力實驗工作，藉以辯護燃燒的『燃素』學說。

第三章 原子

牛頓 (Sir Isaac Newton) 曾謂：『在我看來，上帝最初創造的物質都是固體的，厚重的，堅硬的，有不可入性的，能動的粒子。上帝又決定它們的大小、形態，對於空間的比例，和其他種種性質，使其最能適合於他的目的；這些原始的固體粒子，其硬度，不是任何由粒子形成的有孔物體所能及，甚至堅硬到永不損壞或破裂的程度。所以，用普通的力是萬不能破裂上帝最初所創造的單位物質。』

由牛頓的光微粒子學說 (Corpuscular theory of Light) 中可以導出他的物質微粒子學說 (Corpuscular theory of Matter)。不過，這物質微粒子學說並不是這位劍橋 (Cambridge) 天文學家所發明的。在他數百年前希臘哲學家對於下面的問題已曾作過深切的思考。我們可以繼續不斷的將物質分裂麼？有人認為那是不可能的。有人卻作肯定的答案。有人以為一個

有尖銳目力和精良工具的超人，能將一塊黃金分解開來，重再分解，繼續不斷的工作，直到最後的時日為止。有人卻辯爭道，即或有這樣的超人，到某一極限後，他也無從再往下工作。其實，原子這個名詞，它的本意就是指『不可再分為二』的粒子。

十九世紀前，因為缺乏事實的證明，物質為原子所組織成的概念，竟成為一極有趣的謎。後來，英人道爾頓 (John Dalton, 1766—1844) 將這種學說發揚光大起來，用以解釋化學上幾條當時已經公認的定律。其中有一條最基本的定律，就是原素以一定的分量組成化合物。例如食鹽，它的化學名稱是氯化鈉，含有鈉和氯二原素：是以重 23 份的鈉和 $35\frac{1}{2}$ 份的氯化合而成的。這食鹽不問是從海水中提出的，抑或是從鹽礦中掘來的，甚至是由鈉和氯二原素化合而成的，只要這食鹽在化學上是純粹的，若加以分析，總可得着鈉與氯成 23 與 $35\frac{1}{2}$ 之比。不獨食鹽是如此，化學家所已知的千萬其他化合物，也是如此：每種化合物都是由二種或多種原素以一定的成分組合而成的。

定比定律 (Law of definite proportions) 須要一個解釋。道爾頓對此已提出一種說明



DALTON

了他議論道：讓我們設想，像金、鈉、氫、氯等代表物質最簡單形式一類的原素，是由極小極小的粒子所成，叫做原子。我們另再設想，無論那一種原素，它的原子是彼此相同的，但是，它們和別種原素的原子，則迥然兩樣。又假設二種原素的原子，相異的地方，是在於它們的重量各有差別。例如：鈉原子與氯原子的重量之比是 23 比 35.5 。照道爾頓學說講，原子既然是想像中最小的粒子，那末，鈉的最小部分與氯起化學化合作用的是一個原子。同樣，氯的最小部分與鈉起化學化合作用的也是一個原子。試設想最簡單的化合，是一鈉原子與一氯原子，化合成氯化鈉。既然這二原子的重量是 23 比 35.5 ，則分析氯化鈉，結果也當表示其中鈉與氯有同樣的比數，自無異議。現在，我們試從二原子間的作用推想到無數鈉原子與無數氯原子化合所成的鹽，則加以分析時，結果自亦必表示 23 比 35.5 的關係。

在今日，我們可以說道爾頓的原子學說已是根深蒂固。原子是物質的實體，雖然它小得不可思議，它卻是實在的。道爾頓說，凡能起化學作用的物質，其最小的粒子，就是原子。這條定則，每個物理學家和化學家都已對之堅信不疑。但這條定則，還有修改的必要。據新近研究的結果，我們知道，

化學作用中所包括者，是原子與原子間之作用，但此外尙可有其他方式的作用，像輻射作用，則包括原子內部的變化。道爾頓以爲原子是想像中最小的粒子，他是錯了，因爲今日我們對那較原子還小的電子，已有相當的瞭解。電子是原子行星系中的一小部分。但是，他說原子是能起化學作用的最小粒子，這個見解是對的。我們知道原子是實在物，雖然原子的平均直徑不過三萬萬分之一英寸。更驚奇的，我們還知道，電子也是實在物，雖然電子的直徑不及原子的十萬分之一，而它的重量約當最輕的原子，氫原子量的二百分之一。

前代的大物理學家，如法拉第（Faraday），開爾文（Kelvin），赫爾姆賀茲（H. Imholz）等，曾想出許多巧妙的方法，用來量度原子的大小。譬如，有些顏料就是沖淡到一萬萬倍的程度，也能顯出它的本色。這不啻是說，那些稱待出，而重量極微的顏料粒子，還可分成爲一萬萬塊。法拉第曾製成厚約一萬萬分之一英寸的金箔。肥皂泡或油膜所成者，則其厚不及法氏金箔的八分之一。若用較複雜的實驗和計算，我們不難由黏性和氣體中傳熱等現象求出一個數值來，則可知大約每立方英寸的空間內可容原子六百萬億個。

這些數目字好像戰爭賠款，動以億兆計算，故不如用別種比方作個具體的解釋吧。若是一滴水放大成爲地球那樣大小，其中原子就像足球一般。又比方說，一杯水中之原子，倘均標有特殊記號，若與世界各處的水混合得非常均勻，然後隨便取出一杯水，則其中含有原水的原子數，約近二千之譜。十年前，有個時期，紙馬克的價值極低：六角金洋可買一兆兆馬克。傅諦 (Toole) 博士曾計算過，像這樣不值錢的馬克，每馬克尙可買得三千兆個金原子！

最強有力，超度顯微鏡的視力，只能達到厚約三百萬分之一英寸的粒子。這個粒子較原子大二百倍。可是，科學常能獲到意外的勝利。最近研究放射物所放出的氦原子，使我們知道，藉氦原子打擊螢光物體時所發生的火光現象，不難計算出各個的氦原子。主持這實驗的人羅澤福特，曾計算出某時間內發光的次數，量度所收聚的氣體之容積，結果算出：每立方英寸氣體中約有七千七兆千兆個氦原子！

註：亞佛加特羅數值即所謂克分子的分子數。亞氏假設：等體積的氣體在同樣的溫度及壓力之下，含有同數的分子。在

標準狀況之下，換句話說，當容積爲二二·四公升，溫度爲攝氏零度及壓力爲七六〇公釐時，亞佛加特羅數值爲

$$6.06 \times 10^{23}$$

第四章 原子：孟得雷業夫

「她那最小的兒子，謹將研究所得，獻給母親，以誌紀念。爲了管理工廠，不克分身；她只能借用自己的工作，訓練兒子。她用實例教導他，用愛指正他，並且爲要他專心致力於科學，她同他離開西比利亞，就這樣的消耗了她最後的財產和精力。臨死時她說：「切忌幻想，務須努力工作；但卻不可死守書本；應耐心尋求神聖不可侵犯的，科學的真實。」她懂得辯證法是怎樣的欺騙，更有多少應該學習的知識，和怎樣藉科學的力量，不是偏於激烈，乃是和愛穩定，除去一切迷信，不忠實和錯誤。不但如此，還得爲人類建樹未曾發現的真理之保障，勇往前進的自由，大眾的幸福和內在的安慰。孟得雷業夫（Dimitri Mendeleeff）奉此爲母親的神聖遺言。」——錄自孟得雷業夫所著論溶液一書中的序文。

孟得雷業夫（一八三九——一九〇七）和他的週期分類法對於原子是物質最基本的粒



MENDELÉEFF

週期表

屬	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII			
通式		R ₂ O	RO	R ₂ HO ₃	R ₂ V O ₂ R ₂ V O ₆ R ₂ III H ₃	R ₂ V O ₆ R ₂ III H ₃	R ₂ V O ₆ R ₂ II H ₂	R ₂ VII O ₇ R ₂ I H	R VIII O ₄			
週期	↓ 1	H 1.0078										
短	2	He 2 4.002	Li 3 6.940	Be 4 9.02	B 5 10.82	C 6 12.01	N 7 14.008	O 8 16.0000	F 9 19.00			
短	3	Ne 10 20.183	Na 11 22.997	Mg 12 24.32	Al 13 26.97	Si 14 28.06	P 15 31.02	S 16 32.06	Cl 17 35.457			
長	4	A 18 39.944	K 19 39.096	Ca 20 40.08	Sc 21 45.10	Ti 22 47.90	V 23 50.95	Cr 24 52.01	Mn 25 54.93	Fe 26 55.84	Co 27 58.94	Ni 28 58.69
			Cu 29 63.57	Zn 30 65.38	Ga 31 69.72	Ge 32 72.60	As 33 74.91	Se 34 78.96	Br 35 79.916			
長	5	Kr 36 83.7	Rb 37 85.44	Sr 38 87.63	Y 39 88.92	Zr 40 91.22	Nb 41 92.91	Mo 42 96.0	Ru 43 101.7	Rh 44 102.91	Pd 45 106.7	
			Ag 47 107.88	Cd 48 112.41	In 49 114.76	Sn 50 118.70	Sb 51 121.76	Te 52 127.61	I 53 126.92			
長	6	Xe 54 131.3	Cs 55 132.91	Ba 56 137.36	La 57 138.92	Hf 72 178.6	Ta 73 180.86	W 74 184.0	Re 75 186.31	Os 76 191.5	Ir 77 193.1	Pt 78 195.23
不完全	7	Rn 86 222	Au 79 197.2	Hg 80 200.61	Tl 81 204.39	Pb 82 207.2	Bi 83 209.00	Po 84 U 92	85			
元數符號	左右	數字	稀土類	金屬	稀土類	金屬	稀土類	金屬	稀土類	金屬	稀土類	金屬
表原子序數, 下面數			La 57 138.92	Ce 58 140.13	Pr 59 140.92	Nd 60 144.27	Eu 61 152.0	Gd 62 157.25	Tb 63 158.93	Dy 64 162.50	Ho 65 164.93	Er 66 167.26
字表原子量。			Ga 69 69.72	Ge 70 72.64	As 71 74.91	Se 72 78.96	Br 73 79.916	85	86 137.36	87 138.92	88 140.13	89 140.92
			Lu 71 175.0	Yb 70 173.04	Lu 71 175.0	Yb 70 173.04	Lu 71 175.0	Yb 70 173.04	Lu 71 175.0	Yb 70 173.04	Lu 71 175.0	Yb 70 173.04

本表用 1937 年萬國原子量

子一觀念引起第一個懷疑的暗示。一八六九年，孟氏刊印了一篇論文。他的意見可以簡述之如下。你有八十多種原素，像氫、氧、鐵、銀等。正如道爾頓所說，一切物質都是由這些原素的原子構成。若是我們選出其中最輕的一個，氫，定它的重量爲1。那末，銀原子較氫原子重108倍；金原子，197倍；氧原子，16倍。108，197和16這三個數，代表銀、金和氧的原子量。孟氏指出，用這些原子量，我們可以尋出原素中的族類。並可將它們排列成一個最簡單的形式：八個歸爲一組，從最輕的氫起，到最重的鈾止。

既有兄弟和姊妹，必有父親和母親。我們從孟氏組列中尋出像鎰、鈉和鉀或氯、溴和碘一類的原素，其間有血統關係存在。而且，實驗室內的經驗也證實了這種關係。於是，你會開始懷疑原素和原子是否是自然界最基本的物質。這種假設究竟是否可靠。無論你據有何種哲理，處處都逼着你相信，原素不過代表一棵樹的各個桠枝，必有其最後的根源，亦猶生物之同出於原生物然。

孟氏並不是第一個人，相信原素不僅僅是不相連接的物質。一八二九年，都倍爾愛恩訥爾（Döbereiner）曾發表過，有許多原素可以編成爲『三個一組』。每組中，第一和第三原子量的中

數與第二原子量恰恰相等。在他三十年後，竇馬司 (Dumas) 也發明一個類似的假設，並應用到有機化學的組別上。說來，英人牛蘭士 (Newlands) 倒是第一個人，對於這八十多個原素，如何能歸類分組的關係，看得清清楚楚。一八六六年，牛氏在英國化學學會宣讀一篇論文。他在這篇論文裏指出：原素可以沿着地平線每八個湊成一組；其直行內的原素，彼此間有極多類似的性質。成八定律就專對這八個一組而設的。

與牛氏相儕輩的化學家，對其學說之態度，實足令人灰心。當時曾有人嘲笑牛氏，謂何不將原素依照它們的頭一個字母排列之！更有人胡調，以為成八定律大可搬運到音樂上去應用！結果，可憐的牛蘭士竟在痛毒的嘲笑聲中，被遣送歸家。他的論文也被拒絕在學會雜誌上發表。但是，二十一年後，皇家學會卻將它的姊妹學會所拒絕刊印的這篇論文，約加修正，公佈於世；並且還贈作者一塊德裴 (Davy) 紀念章！想來，當日科學家的懷疑態度，尙情有可原；至於他們那種傲慢神情，則難免指摘；不過，牛氏亦沒有將他的學說中應該實驗之處，加以實驗就是了。他那篇文章的內容，確也並不充實；語意又太含糊不清；因此，專心於實驗工作者，自難接受。但是，三年後，孟氏所發表的論

文就絲毫沒有這些弊端，而且這篇文章在在都足以引起化學家對於他的方案的注意。他沒有留下給人譏評的地方，他的陳述，處處都有極精確的實驗事實做註腳。

孟氏週期分類法的最顯著效果是什麼？他在開始工作時，很有幾個原素不能適合他所規劃的系統。後來，他宣稱，這些原素的原子量，不甚準確。他對於這些疑點都有相當的證明。比如說：那時的原子量，公認為 196.2。故此，原素金理當排列在鉍、銩和鐵諸原素的前面，因為它們的原子量是 196.7, 196.7 和 198.6。孟氏卻堅決的將金排列在這些原素的後面，而且，他還大膽的說，這些原素的原子量必須重新估定；至於他的列表卻用不着更改絲毫。結果，原子量的重估數值如下：鐵是 190.9，銩是 193.1，鉍是 195.2，而金是 197.2，完全與他原定的次序一致。

他還做了一件駭人聽聞的事。孟氏列表中，原有幾個空格，未曾填滿。據他說，那是留給將來發現其他原素時，專備填補用的。從空格兩旁鄰近原素的性質，詳細研究後，這位偉大的俄羅斯人對那當未發現的原素之諸性質，先已預言了。

舉一個例吧。未知原素中，有一個孟氏稱為鏷 (Eka-silicon) 的，他曾作過極靈驗的預言。1

八八六年，文開賴爾 (Winkler) 發現了銻，這原素的性質與預言中鏷的性質幾乎完全一致。請參看下表：

	孟 氏 的 鏷	文 氏 的 銻
原子量	72	72.5
密度	5.5	5.4634
氧化物的密度	4.7	4.703
氯化物的密度	1.9	1.887
氯化物的沸點	100°C.以下	86°C.

這種驚奇的預言，自能使科學家相信其假設之真實性，較任何事物為有力。要證明一種學說是否合理，最好的方法是看它是否適用。它能解釋反常的事物嗎？它能導出更深遠的研究嗎？週期

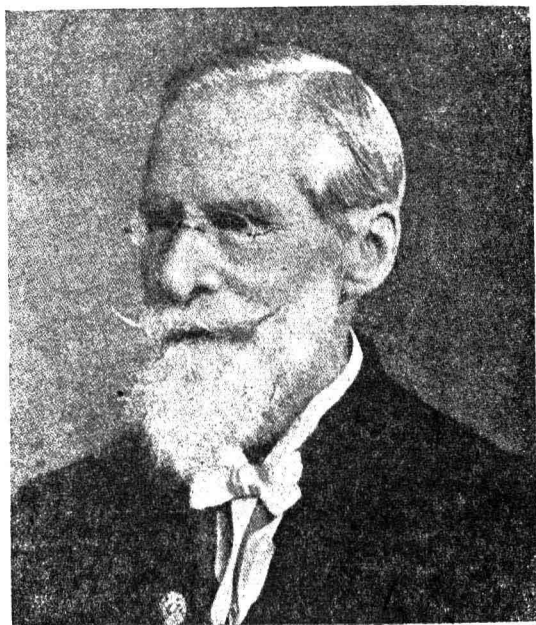
列表符合這些條件足足有餘，像道爾頓的原子學說被認為科學基礎一樣，孟氏週期分類法在化學史上，實不亞於道氏的學說。近代許多偉大發現，如大氣中的稀有氣體和放射性的原素，都應歸

功於週期分類法。

其實，法人盛戈提華（Chancourtois）與德人梅逸爾（Lothar Meyer）也曾創過原素週期分類法。特別是梅氏，他還借用原子容積——原素的原子所佔的容積——發現許多極顯明的類似點。而且，梅氏和孟氏同在一八六九年發表他們的論文。無疑的，那個時代已是這種工作的成熟時期。正像在他們十年前，達爾文（Darwin）和華賴斯（Wallace）同時各別發現物種原始一樣。

第五章 原子：克魯克斯

人們對於物質構造的新知識，始於十九世紀之八十年代，那時，克魯克斯（Sir William Crookes, 1832-1919）仍在實驗室內努力工作，尙未參加羅基和呂協（Richet）的羣中妄欲探究幽冥國土。克氏所挑選的工具是電。法拉第的電解理論和馬克斯威爾（Clerk Maxwell）的電磁光學說，已使人想到，電和物質不見得是無關的。二種實體。當誘導線圈——今日玩無線電的小朋友們都知道它的——發出一極強有力的電流，通過一真空管時，卽有光線從陰極射出，遇物則生螢光和熱。克氏曾極暢快的將這實驗在不列顛協會聽衆前公開表演。這些光線，所謂陰極線，或可代表物質的一種新態（如克氏所言），這似乎是一個很邏輯的解釋。克氏在實驗中又曾應用一個我們所熟知的特性。我們知道，當原子荷電（它們變成『游離子』且『游離化了』）後，它們的存在和動態均較未游離化時，便於研究。而且，施行荷電後，就是只有數千個原子存在，也



GROOKES

很容易檢驗得出。反之，那怕用了最精細的化學分析法，也難發覺一兆兆個以下未荷電的原子的存在。

達阿俾 (Fournier D'Albe) 寫道：『真正的科學家只崇拜一個上帝——真理。他蔑視開口閉口道德，教人半個真理的牧師；用黨同伐異的口吻，以混淆是非的政客和謀一己利益而埋沒真理的商人。』這種見解對於『真正的科學家』也許確切，但我以為未必真有此種人。科學家在實驗室中時，應當是，並且常常是，真理的尋求者。及至走出實驗室的門，他又變成達阿俾所說的牧師，政客和商人了。他的科學知識只能在他的實驗範圍內引導他；在世情方面它卻毫無功效。如此，科學家的頭腦竟可分為兩部分：一部分專供科學之用，僅他和他的同類獨有；另一部分則為應付科學以外一切事物者，與一般人的頭腦相同。惟惜人們要不是沒有受過科學訓練，就是學而不用。平常的人都屬於前一範疇，多數科學家則又近乎後者。

雖然克氏很容易的一躍而成爲英國先進的科學家，他卻不是我所說的『真正的科學家。』他對於他的事業有極豐富的想像。我很懷疑，就是在科學田園特別膏腴的英國，是不是還能產生

如他一般傑出的人才。其實，就是這種想像，有時使他瘋狂；很早的將他推向唯心論的一端去了。我們知道克氏是一個大科學家，皇家學會會長，一個新原素的發現者，輻射計的發明人和創立近代原子構造學說的『祖先』。但他還有牧師一般的宗教熱忱，更能用政客的眼光研究經濟學；並且，他處理商務的手段，就是巴比特（Babbitt）再世，也必自愧不如。克氏一生最驚人的事，就是他未曾受過大學教育，甚至充分的中等教育，也沒有受過，但他竟成了一位赫赫有名，在理論方面，自出心裁的科學研究者。這也許是英國特有的環境。你若不信，我還可舉出三個英國人，個個都是絕世的大學問家，但他們全是自己栽培自己的人。這三位名人就是法拉第（Faraday）、朱爾（Joule）和道爾頓。

克氏最負名望的工作，就是他所從事的電力之下，真空管內所發生的現象。在這個主題上，他最初的貢獻還未論到電的影響。後來，他又發明輻射計，那是一個現今市面上所常見的儀器。大概而論，輻射計為一個半度真空管所成，其中有一個四翼鋁輪。此項翼一面磨得極其光亮，一面卻塗得漆黑。在日光之下，這些翼會不息的迴轉；其緣由是黑的一面較光的一面熱。克氏寫道：『光線落在白的一面，隨即反射出去。但是，落在黑的一面的光，多被吸收，以致溫度增高，促成分子的騷動；這

就是翼輪迴轉的緣由。』這輻射計在初完成時，很像有永遠行動的可能。所以，當一八七四年公開展覽時，克氏就立即跳進石灰光中，大著聲色。從那時起，直到他死的一年止，除拉姆賽外，克氏是英國化學家中最『出風頭』的一個。

從輻射計到真空管，中間只隔一步。這很顯而易見，克氏已走到近代物理學家研究原子構造的關口。他會注意到，在這個抽空的管（其中有兩根鉑絲（電極）與一電源相連結）中，有許多因『分子騷動』而引起的『暗區』，從陰極射出。這些暗區，都充滿了負電子，又簡稱電子，而克氏當時則名之曰『放射物質』。有一次，克氏給皇家學會寫道：『這抽空的管中所產生的現象，給與物理科學一個新世界——一個物質以第四態存在的世界。研究這物質第四態之後，我們好像很有把握的控制了那些組成宇宙的物理基礎，那些微不可察的粒子。就某種性質講，放射物質好像桌子一樣實在。但就別種性質講，它幾乎就是我們由太陽得來的放射能。事實上，我們確然已達到了邊境，在那裏，物質和能量彼此已相融合，是「已知」和「未知」間的幻境。這幻境給我不少特殊的引誘。我敢說，未來最大的科學問題，將要在這邊境內，甚至在更遠的境域內，尋找答案。何況這

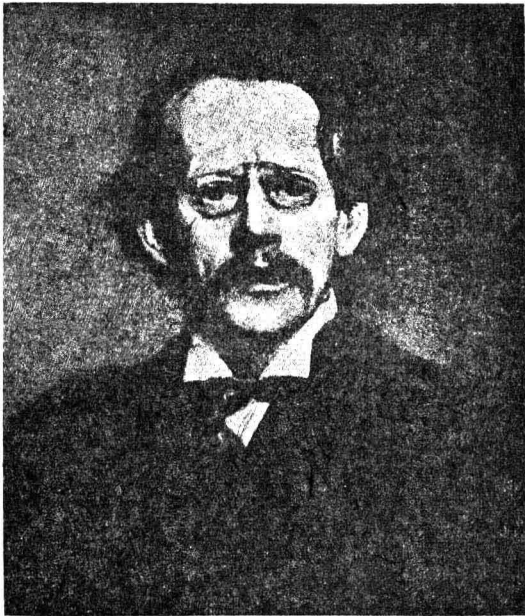
裏有確切可信的真實；它們都是微妙的，深遠的，可奇的。』你要記牢，這些預言是在十九世紀之八十年代所寫成的。

若是我們仔細考察他對於『物質第四態』的研究，克氏之深入唯心論，即不難瞭解。這種研究使他達到當日科學的懸崖絕壁。他的意想中有一個期望可及的樂土。但就事實而論，克氏在發現電子前很多年，他已開始『心靈』的工作。你想，他那烈火一般的想像力，豈是天平和滴定管所能滿足的。他常寫道：『未知的境地給我不少特殊的引誘。』我相信他是在跳躍——漸入了浮沙的曠野。譬如達阿俾的傳中，就有許多關於降神會的有趣而又發笑的敘述。他告訴你，椅子被『無物』所敲擊；桌子離地六英寸飄浮蕩動；『黑爾尼夫人被舉起在空中，浮過桌面，不久在室內的一角落下，飾物等跌得粉碎；』『美妙的歌聲，清如鈴響；』旋繞在友伴的頭上；手風琴在屋子裏飛舞；桌的四週，掌聲如雷，等等。無怪乎克氏寫給一位朋友道：『我真沒法傳達我腦中所引起關於真實的極高情緒。』雖然他所信任的『神媒』荷姆（Home）其人，後來證明其為騙子，但這並沒有阻止他親近別的神媒。所以，遲至一九一六年，他的妻子死後，他就在家中開降神會。時常有一個

『神媒』和她的女兒伴着克氏坐在實驗室外的暗房裏。一邊音樂匣子玎玲作響，而這位老人似有所期待，寂靜無聲，坐候『神跡』暗號，報知他那親愛伴侶的到臨。你看，偉業和愚行不調和的混在一起：人是怎樣的矛盾呵！

第六章 原子：電子

電子（英文電子一字是從希臘「琥珀」一字演出。琥珀是一種物質，當它被摩擦時，即生『負』電）之確實的發現和量度，應該歸功於湯姆生（一八五六—）他是英國劍橋文抵西（Cavendish）實驗室中的卓著工作人員之一。一八九七年，他開始實驗工作。他所用的儀器是以克魯克斯的做根據，但將其加以種種改良。其實驗詳情和數理部分，這裏不能細說。大要的說來，陰極射線（即電子）受到磁鐵作用後，即生曲折現象。他量度這個曲折的大小，再與所使用的磁鐵強度加以比較。於是，他本此數據計算其中電子的重量。當然，只要電子數目測定後，各個電子的重量自不難推算出。講到這個實驗的完成，湯姆生的學生威爾遜（Wilson）頗具功績。因為他發現：當電子穿過蒸氣時，形成一片小雲霧。因此，它們的體積增大到一個強力顯微鏡可以看見的程度。利用這個方法，就是一個自由電子的路跡，也能攝影得出。



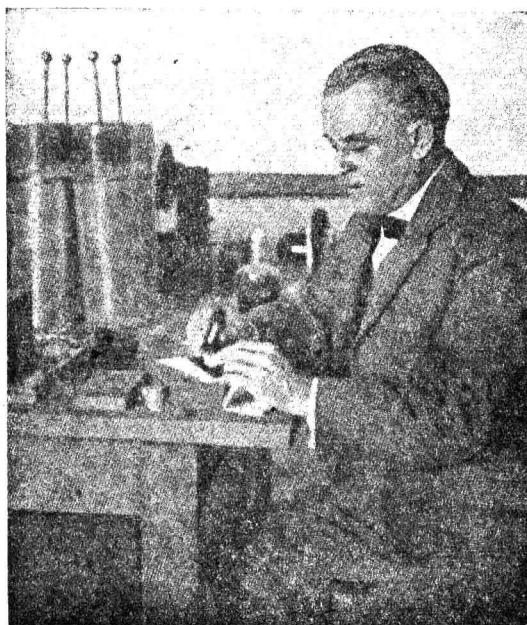
J. J. THOMSON

美國物理學家米理根 (Millikan, 1868—) 得到更準確的量度，他能使這些事實像任何一件人類所發現的『事實』一樣的確切。電子是一顆負電粒子。1700 個電子還不及一個已知最輕的原子重。電子是比原子更基本的單位，因為同樣的電子可在不同的原素中發現，反之，一原素的原子就與另原素的原子不同。既然電子是電的粒子，而且，形成物質世界的八十幾種原素中都有電子存在，所以物質的原始必是電。也可以說，電子是物質的（也是電的）基本單位之一（請參看本章的附錄。）

我們知道電流就是電子在動態中的現象。我們更知道，鐳之破裂結果必放出數種輻射線，其中有一種叫做 β 射線的，曾經證明與湯姆生、米理根 等人所研究的電子完全一樣，故可知這微小粒子在原素（也是物質）演變的古遠時期即已存在。至於它是否是物質最基本的單位，那卻是另一件事。反正，那是一件不確定的事：因為在一個時期，原子是最基本的單位；現代是電子；五十年後——誰知道？——一個粒子 x ，比電子還小！也許我們現在已經達到這個時期的前夜：我們有了蒲郎克 (Planck) 的輻射能單位，量子！

附錄

米理根的工作非常重要。爲滿足讀者的好奇心，今且摘錄米理根自己的一段文章於下：「我們會用兩片金屬板，其中間有一萬伏特的電力場。上板有一小孔，並於上板之上噴一油花，藉以得一負有電荷的最小物體。我們希望噴油花時之摩擦歷程，能使油滴荷電；結果果然如此。我們使一個油滴進入板間，用了一個電場，使其上下移動，當它快到底板時，卽將它推上，但當它靠近上板時，又卽將它推下。我們使油滴在板間上下移動，務使其獲得鏽或其他淵源所放入空氣中的游離子。這個油滴果然滿足了我們的期望，常能獲得游離子；觀察者也能夠很容易的看出油滴每次獲得游離子時，在場內移動的速度，立起變化。油滴是一個負有電荷的物體，故此它在一定場內，常以一定的速度移動。當它獲得游離子時，它的電荷卽有增減，因而它的移動速度也就跟着增減。若是游離子上的電荷（電子）都是同樣的，那末，它的速度只有一種顯著的改變。若是油滴上由摩擦所生的原有電荷，是這些同樣的單位所聚成的，那末，電場所施與的總速度，應該是油滴每獲一游離



MILLIKAN

子時所產生的速度改變之一定的倍數。換句話說，若是電子也有像原子一樣的構造，則在一定的場內，除了一定數目的速度外，理當沒有其他可得了，此項速度是一步一步，以算術級數 $1, 10, 100, \dots$ 等數字，向上增加的。我們所發見者正是如此。我們用成千點滴和數十種物質實驗過，結果都是一樣。而且，荷正電和荷負電的點滴在動作上也完全一致。這就是說，正電荷和負電荷都是由電的微粒形成。更進一步，在一指定點滴內，我們還能計出那些微粒（所謂電子）的數目，有如你數你雙手十指一樣的可靠。羅蘭 (Rowland) 告訴我們，電流不過是電荷在動態中的現象，故可知經過日用電燈泡中的電流，也不過是一羣電粒經過燈絲就是了。一八八一年，湯姆生 發現電荷賦有惰性：這是物質最顯著的特性。於是，我們也可以很合理的說，電線中的電流是一確定的實物的微粒，沿着電線移動的現象。

第七章 原子：居禮夫人

若是原素中最引人注意的鐳，沒有被居禮夫人 (Madame Curie, 1867-1934) 隔離出；若是鐳的性質沒有闡明，則我們對於原子構造的知識，至今還難免多少帶點神祕性。因為有了鐳，我們纔看出自然在我們眼前破裂原素的原子，我們還可以側目奧堂，窺探祕密——原子的內部構造。

居禮夫人被稱爲女科學家中之最偉大者。但我不喜歡這種說法。在我看來，我們或可說：『假使你要知道的話，女人的智力是有限的。但是，居禮夫人卻是一個例外。』其實，科學家，無論是男是女，居禮夫人能與少數最偉大者，並肩而立，毫無愧色。她是一個空前絕後的，最卓越的科學家。我說這話時，在我腦中盤旋的，不僅是她對於鐳的發現，還有她在發現後的研究工作。她的各種論文和學術著作，在在都是天才的表現。在每篇文章中，我們可以看出：她既是一個勇敢的推論者，又是一個細心的實驗家。她的每種貢獻，處處都顯示出一個傑出的心才——屬於科學家的一種傑出



M. Curie

心才——它永久的幻想和永久的試驗。

有人以爲鐳的真正發現者，不是居禮夫人，而是居禮先生（Pierre Curie）。他的妻子只是他的工作上一個助手。我禁不住要向這些人挑戰。因爲事實正與此相反。不過，這樣說法，對於居禮先生的事業，亦並未加以輕視。但是，事實究竟是怎樣的呢？原來，柏克勒爾（Becquerel）繼樂琴（Röntgen）發現X射線之後，尋出一稀有原素鈾；其鹽能放射特別射線——這種射線像太陽光一樣，對於照像底片起化學作用。這是一八九六年的事。那時，居禮夫人纔二十九歲；她與一個奮發有爲的物理講師居禮先生結婚。居禮先生在礦學、光學和電學三方面，都有他的研究工作。居禮夫人卻絲毫不須借助於她的丈夫，單獨的尋求：在鈾以外，有無其他原素，也能放射這種射線。檢遍所有原素，只有釷亦具這種特性。後來，她得到一個極其重要的觀察：提製鈾的瀝青鈾礦物能放射一種放光能或『輻射能』（居禮夫人自造的名詞）較鈾本身還大數倍。於是，居禮夫人寫道：『我擬了一個假設：瀝青鈾礦中含有一極少量的物質，其活動能力較鈾本身強烈得多。這種物質不會是已知原素之一，因爲這些原素都被檢驗過。所以，它必定是一個新原素。我有一種極熱烈的

奢望，我很希望能早日證實這個假設。因此，居禮先生竟捨去他對於結晶體的工作（他認為是臨時的工作），和我一起共同探尋這種未知原素。」

自初步重要的觀察，接着邏輯的判斷，以至探求發現鐳的關鍵，都是居禮夫人獨自慘澹經營的。自此以後，居禮夫婦在實驗室內，不知耗費了幾許歲月的苦心和勞力，以研究此貴重的原素，此原素在他們手中時，係作鐳鹽的形式。鐳的來源是一種礦苗：瀝青鈾礦。幸運的居禮夫婦曾受到一份重禮。擁有極多礦藏的奧國政府，送他們一噸鈾已提出的瀝青鈾礦物。這種礦物中，不但有許多普通原素，還有不少稀有原素。所以分析和檢驗工作，都非常麻煩，非常沈重。居禮夫婦的預定計劃是這樣，將每部分都加以驗電檢驗——這是一個根據柏克勒爾方法的試驗。藉驗電器中金葉的動作，以決定鐳和類似的輻射線之存在。當然，較具活動性的部分，對於驗電器的影響也較大。於是，我們可以隨時隨地對於試驗有一個恆定而又寶貴的校核。

因為分量極多，故開始時的試驗，須在工廠中為之。後來，分量漸漸減少，試驗管乃能優餘的容納之。含有普通原素鈾的部分，其中有一強烈的輻射物質存在。經過多次試驗，纔能逐漸把它分離

出爲紀念居禮夫人的祖國波蘭，這原素被稱爲鉈。更進一步研究，他們發覺含有原素鉈的一部分，賦有更強烈的輻射特性。運用科學史上最高超，最困難的方法，像裴爾斯包賀（Welsbach）隔離稀有土金屬一樣，居禮夫人終於將鉈鹽與新原素鹽體分開。她稱這種物質爲鐳。鐳是一種極難以純粹體質分離出的原素，直到一九一〇年，居禮夫人纔解決這個難題。雖然，就是鐳鹽的活動能力也已比鈾強二百五十萬倍！

一八九八年，鐳的發現宣佈於世。一九〇〇年，這對偉大的夫婦又確定了鐳的重要性質。事實上這是一個諸原素的原素。它漸漸破裂分解，產生多量的熱。說來，世界大戰所給與社會和政治組織的極大變動，較之鐳所給與科學界的變動，亦不能更大。我們對於物質構造的概念，曾經過克魯克斯、湯姆生等諸人苦心研究過者，今則須整個的改革之，而且這不只包括科學家的工作，還影響及哲學家的推論和思考。這種發現，給物理科學方面的研究，一個重大刺激。自一九〇〇年後，幾乎化學和物理方面的每件偉大事業，都是發源於居禮夫婦的先驅工作。甚至愛因斯坦的凌亂世界也是鐳的發現的間接效果。

一九〇三年，居禮夫婦榮膺諾貝爾獎金。這很可以證明他們的工作已被人重視。在她丈夫死去五年之後，一九一一年，居禮夫人再次榮膺諾貝爾獎金——這次是獎勵她在一九〇三年以後的發現；特別獎勵她對於分離純粹鐳的成功。

現在，暫不討論研究工作如何進行，且來談談他們的私生活。這是一段奮鬥和犧牲的故事；敘述他們怎樣從心愛的工作中，得到歡欣和愉快；怎樣由好友的參加，獲得幸福和安慰。這位青年姑娘，史可羅多絲克 (Marie Sklodowska)，在她的故鄉華沙 (Warsaw)，不但在學校裏研究數學和物理，還要聯絡革命的新青年，苦幹那爭取波蘭自由的奮鬥工作。但為解決生計問題，她又不得不走上做保母的路。後來，她纔到巴黎。那時，她住在六層樓上的一間閣樓裏。冬天，這間房屋實在夠冷。而且，小火爐中，又常常得不到添加的煤。她還得自炊自食——餐飯很簡單：幾片麵包，一杯可數隻雞子，有時還有點水果。她的生活的艱難，不堪想像。但她還能一心一意埋頭研究工作。直到一八九四年，她纔談戀愛。那時，她遇着了居禮先生。他是「一個髮帶赭色，兩目清瑩，身材高大的青年。我看清他滿面莊嚴而又和藹的表情。還有他那自然的姿態，可看出他的精神完全為其理想所

貫注。我們開始交談，不久漸趨於友愛。我們初次談論的是某種科學事件。關於這，我極欲知道他的意見。後來，我們更作社會和人道主義問題的商討。我們對此都發生極濃厚的趣味。雖然彼此國籍不同，在我們的觀念中，卻產生了一種可驚奇的情投意洽。無疑的，這種共同之處，完全由於我們彼此所受家庭的薰陶有相似之處所使然。」

居禮先生不時拜望她。他們常常討論科學；還常常談論社會秩序。共同的興趣和互相尊重，使他們心心相應。最後，居禮先生居然發出一種美麗而又熱忱的流露：『我真不敢相信，能有這樣美滿的事，我們能催眠式的在夢境中共同求生活。你有你對祖國的夢想，我們有對人類的夢想；我們有對科學的夢想。我相信，在所有的夢想中，只有最後一個是合理的。我的意思是說，我們沒有能力改造社會秩序。就是有力量的話，我們或者也不知從何做起。若是我們對於所做的事，沒有相當的瞭解，我們就拿不穩，一定可以辦到利多害少的程度。不但如此，有時恐還會阻止或遷延許多不可避免的演進。至於科學方面，那就大不相同。我們可以自信完成一些工作。這裏的領域既明顯又實在。雖然它小不堪言，它卻實實在在的爲我們所有。』

現在，我們用不着對居禮先生的意見加以可否。反正這一番話很可顯出他們常在思索，討論各色各樣的事物，不僅限於科學一隅。若有人要在這甜蜜的愛情中，尋找缺點，只有居禮先生好像有一點過於沈悶。其實，人性無時能脫離個人的、自私自利的羈絆。而且，你永不會聽到一句真正從內心流露出來的話：『你對於我有這許多用處……』但是我們時常聽到以哲學口腔用熱心的語調表示關心世界問題的說話：『讓我們團結一起，服務人類。』

於是，他們結爲夫婦：共同工作，共同奮鬥。——他們的薪金，每月只有三百法郎，『堪與工資勞動者相比。』直到居禮先生死之前不久，他纔獲得教授職位。那時經濟境況似乎稍有改進。他們將鐳貢獻給世界，而世界的酬報卻微不堪言。他們並沒有得到專利，藉以保障他們的發現。他們坦白的將那無價之寶和製造詳情，貢獻於世。他們履行他們的公約：服務人類。人類接受他們的禮物時，不過說了幾句冠冕堂皇的感謝話和賜與一個空虛無用的褒榮。至於諾貝爾獎金，不久也全耗費在實驗室的設備上。好幾年，他們竟無力僱一個傭人。居禮夫人真夠苦了。她一方面要管理家務，照料兒女；一方面還要作實驗室內工作。——說也好笑，這個實驗室的屋頂，破露不全，又無排洩毒氣

風筒的設備。若不是受了極大的苦痛，居禮夫人決不會寫出這一番話：『我們的社會供給科學家些什麼？他有無工具藉以工作？他有生命的保障，屋宇的掩護嗎？居禮先生，也許還有別人，就是一團好例，他一無所有。往往在未能獲得可能的工作環境之前，他的年富力強的精力，已爲日常生活所消磨盡了。我們的社會卻充滿一種奢侈富貴的貪慾；對於科學價值，絲毫不了解。沒有人認清科學乃是社會道德遺產中之最可寶貴的一部分。更沒有人理會到科學是一切進步的基礎。它減除生活之累和種種苦痛。社會的財力和私人的布施都不曾給科學和科學家完成重要工作所不可缺少的補助和津貼。』

有志者事竟成。他們二人不顧一切困難，向前邁進。一九〇三年春季，居禮先生赴物理學社的公宴。他坐在潘因凱先生（Henri Poincaré）的旁邊。這位先生是一個有名的數學家。而且，他又是法國國務總理的兄弟。他們二人很有許多相同的地方。他們都是科學家，他們都是幻想者。他們都是人道主義者。居禮先生在離席的時候，甚受感動。第二天，四月十九日，他又赴教授協會的懇親會。不幸，當他辭別衆人，經過都芬蘭街（Rue Dauphine）的時候，他突然被一貨車衝倒，輾覆在

車輪底下。因為腦筋受到劇烈的振動，不及救治，即時死去了。這樣，結果了不朽的二者之一。幸喜，居禮夫人克服了過分的悲傷——她從此更捨身致力於科學工作，直至最後的一天。

鐳放射三種射線。我們常用希臘字 α 、 β 、 γ 區別它們。 α 射線，已經證明，是氦原子。它以十分之一的光速放射。且拉姆賽和蘇德 (Soddy) 證明氦是鐳的生成物之一。 β 粒子與荷正電的 α 粒子不同；它是荷有負電的（『電子』）以光速那樣的速度放射。它與克魯克斯的『陰極』射線完全一致。又，強力磁場能將 α 粒子向一方曲折， β 粒子向另一方曲折；但它對於 γ 射線卻沒有影響。這最後一種射線與 X 射線相同。不過 X 射線可以其穿透力之大小，分爲等級。一張紙片或厚僅二百五十分之一英寸的鋁膜已能阻止 α 射線的進行。 β 射線可以穿過厚約五分之二英寸的鋁膜或金葉。 γ 射線則能穿過數層厚的金屬板。

這些射線被空氣的分子阻擋後，即生多量的熱。關於這個特殊原素，有一件最奇異的事：鐳四週的溫度較其鄰近處以外的溫度約高三度。換句話說，鐳每小時放射的熱量，足夠將其等量的水，由結冰的溫度升至沸騰的溫度。更奇異的，它生熱的能力，好像永無止境。鐳的輻射能——或是鈾



Frederick Soddy

和鈾雖然它們的能力較小——出自原子的破裂，以熱的形式，放出多量的能。

若將一塊鐳鹽，強烈的燒過；或將它溶在水中，而水又蒸發乾盡：這塊鐳就好像只有極小的輻射能。不過，這剩餘的鐳塊，在一月之後，竟會恢復失去的能，而且，這種實驗可以繼續不斷的做下去。實驗時稍微留意，我們即可觀察到，輻射能最初的損失，由於一種氣體逸去了。這氣體能放出輻射線，故在質和量上所逸去者，與剩餘體所遺失的完全相同。這種氣體，或稱『發散氣』，經拉姆賽檢驗後，證明它是一種新原素，名叫氦。它是大氣中不活潑氣體之一。這是一件趣事：經久後，『發散氣』的輻射能的消失率與殘鐳的輻射能的獲得率成正比。再說，鐳破裂成爲二原素：氦和氡。而氡則再進而起破裂作用，變成更簡單的原素，同時並產生一氦原子。我們曾以實驗方法檢驗過此歷程之許多階段，知其有一極顯著的特色：每一階段中，必有一氦原子產生。但爲什麼只有氦？以下數章對於這個問題將有所申述。

第八章 原子：未來的能量

近年來，科學家對於能量的三種新根源，極其注意。這三種新根源就是：太陽的能量，地球內部的熱和原子的崩解或原子的破裂。在未討論第三種能量以前，讓我們對於第一種和第二種能量，簡單敘述一番。

我們大家都知道，植物利用從太陽攝取的能量，促成它們的綜合作。但是，像這樣被利用的能量，還不到可以使用的能量的三分之一。其餘的部分，應該較今日更能作有益的利用。但是，怎樣去利用呢？

我們應當設法儲藏這種能量，這種太陽的能量。使所得到的，較今日自然存在的更多。我們必須借用自然的力量，去適應它，去控制它。植物從空氣中吸收水蒸氣和二氧化碳，再藉葉綠素，太陽的能量，硝酸鹽類和泥土中各種礦物質的輔助，建造它的全身。但是，這種建造方法需要長久的時

日難道我們不能加速這種作用嗎？也許是可能的。

一切化學作用的速度都能隨着它們四週環境的改變而改變。只要提高溫度，或加入一些別的物质（『接觸劑』）或增高壓力，我們就可以促進化學作用的速度。在植物四週增高溫度，那是不可用的；因為原形質對於溫度改變的反應太靈敏。原形質很容易因溫度之些許的增加，而被破壞。但據柯赫斯賴爾教授（Professor Krensler）苦心研究的結果，他告訴我們，增高壓力卻是一個好辦法。顯然的，若在十氣壓之下，施與此氣體，則二氧化碳爲什麼不能也增高十倍？這不啻是說，植物生長的速度，平均可以較今日快十倍。而且，葉綠素式的接觸劑——這種物質僅藉它們的存在，即可以增加植物生長的速度——也可以加以研究，設法製造，藉以提高其工作效率。

就目前的目的講，在我們看來，植物的形式並不重要。管它是草本也好，木本也好。最要緊的，凡是我們所種植的都應迅速生長出來。而且，這樣所形成的燃料，應該在它們成熟時，即可供應用。

下面一個計劃是波羅格納大學（University of Bologna）薛謀新教授（Professor

(Ciamician) 所遺下的。他對於光化學的研究是世界聞名的。他以為將來的植物，被日光曬乾後，可化成氣體燃料。這種燃料可用在氣體引擎內燃燒，產生機械能，然後再將它輸送到各處。這種作用中的副產品：矽精，二氧化碳，灰燼等，都是下次新生植物的必需原料。這樣，我們可以鋪成一條循環不斷的製造的路。

講到利用地球內部的熱，大家都知道，地球的溫度是向內部增高的。利用這種熱能的計劃，亦已很多。初看，這種能量的根源似乎極多希望。我們知道地球上有好幾處，像美國黃石公園、冰島、新錫蘭北部等地方，有極多高至華氏表二百度的水從溫泉和間歇溫泉中流出地面。在這些地方，我們沒有理由說，這種溫度不可用來發動氣機工廠。可是，要在他處利用地球內部的熱，即須開掘相當深的井，藉以採取所需的高溫。英國著名工程師巴爾生斯 (Sir Charles Parsons) 也以為須開掘一深及十二英里的井道。這比今日任何井道還深過十倍，真可謂為一件偉大的工程。只建築費一項即需二千五百萬美金，而建築時間卻要八十五年之久。

最後，我們有原子能。早就說過，居禮夫人的鐳的發現，使我們觀察到原素的原子是繼續不斷

的破裂。而且，在這破裂的過程中，原子嘗以熱的形式，產生多量的能。一塊鏷的四週空氣溫度較其稍遠地帶空氣溫度約高三度。原子不停的這樣放熱，雖歷數年，並看不出它本身有絲毫損失。由計算的結果，我們知道，一塊鏷要將它所貯藏的能完全放出，需費二千五百年工夫。自然，每分鐘所放出的熱，比較微小。可是，千百年所放出的總熱量卻極浩大。一塊鏷的總熱量，約當與它等量的煤在燃燒時，所發生的熱的二十五萬倍。

關於鏷，擺在我們眼前的問題是：我們要怎樣改造條件，纔能使它千百年間所放出微量的熱，集中在一極短時期內放出極多量的熱。但是，我們所想的方法全告失敗。就是找到了一個增高幅射能變換率的方法，但問題仍還不能解決，因為可供應用的鏷之總量極小，而除鏷外，只有鈾和鈾亦有原子破裂的屬性。

鏷的產量甚少，所以，我們需要尋找一個方法，能使產量極其豐富的鐵、銅、鉛、錫、鋅等原素的原子破裂。那就是說，我們應該發現自然如何破裂鏷原子的方法。數年前，拉姆賽曾做過幾次實驗，對於這個問題的解答，好像有一線希望。但是，經過居禮夫人再次的實驗後，結果並不能證實拉氏的

話可靠。現在，羅澤福特正埋頭從事這方面的研究。雖然這種工作還是在胚胎時期，實驗的結果卻處處顯出極高的希望。



E Rutherford

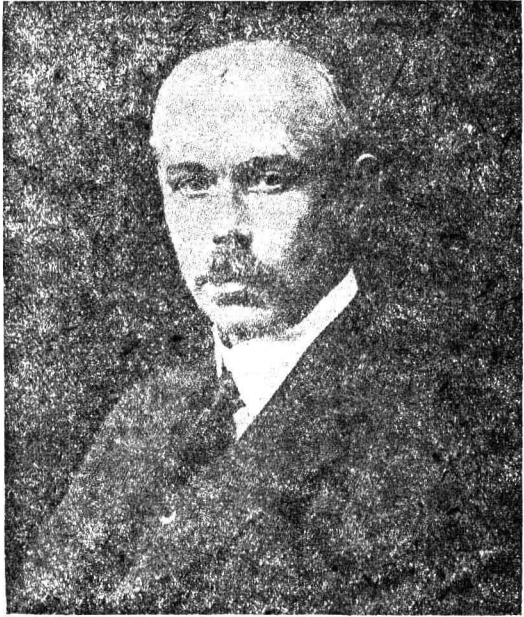
第九章 原子：它的構造

我們已說過，電子代表電的一顆負粒子。那末，正粒子在什麼地方？原子本身呈電性中和的狀態。所以，將它分解後，你可以得到負電荷粒子，則剩下的，當然是相反的電荷。我們曾試驗過，當一管中的空氣，或氫，或別種氣體，被抽出後，若通以電流，電子即由陰極射出。陰極就是負極，它排斥負電荷粒子，即電子。反過來講，陰極應當吸引正電荷粒子。因為同性與不同性的電，彼此相吸。一八九六年，戈德斯坦（Goldstein）曾用一有孔陰極，見紫光錐由陰極後面的孔中射出。此項『孔道』射線，後來經斐恩（Wien）加以分析，其方法與湯姆生分析電子極相類似，所得結果如下：這些『射線』像電子一樣，也能被磁力和電力所偏折。所不同者，這種偏折趨向相反的方向。顯然的，這些射線代表正粒子。再就它們的質量而言，這些粒子（亦稱『質子』）遠重於電子。事實上，質子幾與一氫原子的重量相等。那就是說，質子的重量約當電子的一七〇〇倍。英國物理學家，其中最重要

的分子如湯姆生、羅澤福特、阿斯東 (Aston) 等人，對於陽射線分析——這種分析工作，對於原子的『核』或內部構造，有極明顯的啓示——頗有驚奇的發展，偉大的貢獻。

羅澤福特的原子構造學說，即以其所發見的原子『核』為依據。若是對於輻射能加以研究，再對於它的射線加以觀察，我們不難得到這樣的重要結果：鐳之所以能產生恆定而又多量的熱，全因其原子本身的破裂和發生一種與我們所熟知的化學變化極不相同的變化。我們可以說，在化學化合作用中，一原子與另原子結合所產生的熱與輻射能不堪比較，其微小可知。而且在化學作用中，僅僅原子之表面約受影響；與其內部，不發生關係。但是，鐳則不然。自然界於此處處標示出：它是一個內部也受騷動的原素。於是，我們可以推論說，一原子中有兩個極不相同的部分：一是內部，比較穩定，那就是『核』；一是外部，極不穩定，那就是『行星圈』。

羅澤福特所提出的原子的核體學說，即以此為其萌芽。這位先生是物理學家中的聖者。他造出不少可以確信的實驗事實，不但足以證實他的核體學說，還可將核的大小加以估計。其所根據者，為下列一個事實：觀察由鐳射出的 α 粒子，經過原子的射程。尋常說來，這些粒子並不改變道程。



ASTON

射過原子好像沒有什麼東西阻擋它們的前進。不過，有時它們前進的方向，也會受到偏折作用的——發生反射現象。這時候顯然是 α 粒子碰着物體了。這物體就是原子之『核』或『日』的一部分。既然從『核』中，我們得到 α 和 β 粒子；既然由分析結果，我們知道 α 粒子是載有正電荷的氦原子， β 粒子是電子，負電荷粒子；既然核內正電荷比負電荷大，故我們可以假定，原子核內有正負電，而且，正電佔優勢。不過，整個的原子是中和的。它是中性的，因為原子核內有正電荷（由於正電荷超過負電荷的結果），而圍繞這『核』或『日』的陪星——電子——是負電荷的，其總和與核內過剩的正電荷數量相等，性質相反。說到這裏，我們可以歸納出一重要結論：化學家向來所認為最簡單的物質單位的原子，是由正電和負電組合而成。所以，在事實上，物質的原始必是電。

羅澤福特的研究工作，並不告終於此。他對於『核』作更進一步的研究。他用 α 射線強烈的在原子上轟擊，結果他找出『核』的直徑，簡直小到不能與原子的直徑相比；雖然實際上，原子的重量全集中在『核』上。還有一樁值得稱頌的事：羅澤福特曾用 α 射線強烈的轟擊氮原子，結果他居然得到氦和氮。化學家常把氮、氦和氫認作原素的典型——這些物質不可再行分解。那末，為

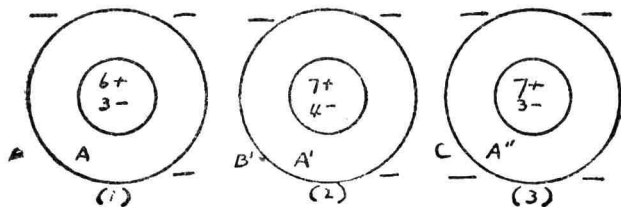
什麼我們從氮中得到氫和氦呢？解答並不困難。氫原子是最輕的原子。氦原子雖然比氫原子重，卻比其他各種原素的原子輕。所以，氮原子或可代表氫原子和氦原子的一種適當組合。除氮外，還有許多較氫、氦兩原子爲重的原子，受到 α 射線轟擊時，也會產生這兩種氣體。於是，我們可以說，在元素進化的歷程上，氫和氦代表較早的一階段。

羅澤福特告訴我們，原子的構造好像是一太陽系的縮圖。這種概念使我們對於化學和輻射能變化的義意，能有更深切的瞭解。在鐳的發現上，有一極其注目的事實：由鐳放出的輻射能不是人力所能控制的。高溫和低溫都不足以影響輻射能的變化。你可以將鐳放在電弧中，或將它放在液體空氣裏，並不能絲毫影響這原素放射輻射能的速度。這種變化與一切已知的化學變化絕對不同。每種化學作用都受溫度的影響：作用的速度可以因溫度的增高而加速，因溫度的降低而遲緩。所以，在近乎絕對零度的液體氦中，事實上，一切原素間的化合作用均告停止，而在高至華氏表六千度的莫花桑氏（Moissan）電弧爐中，各種倔強的原素也會相互起化合作用。爲什麼輻射能的變化不能同樣加以控制呢？因爲輻射能的變換作用與化學變化根本不同。在化學變化中，只有

行星系的電子受到影響；『核』則未曾涉及。輻射能的變化是由『核』受騷動而成。當氫原子與氧原子化合成水的時候，僅僅它們的電子有所變遷。至於『核』的自動破裂現象，則迥然不同，因為它的『核』起了分解作用。

為便於講解起見，不妨作兩個簡圖如下：

這兩個圖形，都極粗簡。圖(2)表示一想像原素的原子。其『核』內有七個正粒子和四個負粒子。圖(1)表示另一想像原素的原子。其『核』內有六個正粒子和三個負粒子。二原子中，正電荷超過負電荷的數目都是三。所以，要中和它們，每個行星系的週圍，各需三個電子。B和B'二處，各需三個電子。我們知道，原子的化學性質，常以環繞B或B'的電子數而定。既然這兩個原子的電子數相同，它們的化學性質亦必相同。但是，你當回憶一件事：澤福特曾說過，原子量幾乎全集中在正電荷或



同位異量體和同量異質體

質子。這裏，正荷數目在(1)是6，在(2)是7，所以這兩個原子在重量上，必有差異。這些原子就是同位異量體 (Isotopes) 之一例。——這些原素有相同的化學性質，相異的原子量。美國哈佛 (Harvard) 大學教授呂卻爾斯 (Richards) 首先發現輻射能源所產生的鉛，其原子量較礦中的鉛約輕；至於其他的差別，則雖用任何精細的化學分析法，亦不能檢驗得。這裏，我們已看到一個同位異量體的實例。

阿斯東在劍橋羅澤福特的實驗室研究時，曾尋出好多普通原素都是一種或多種同位異量變體的混合物。這些變體在重量上，僅有極微小的差別，在化學和分光器上的反應，並沒有什麼兩樣。這可以說明，同位異量體的存在，直至晚近纔被發現。阿氏分析法並不借助於天平。因為，像這樣相差極微的重量，不是任何精細天平所能量度得出的。他的方法係湯羅二氏正射線分析法的引伸，其主要步驟在使原子的正荷與負荷分離，然後，在電磁力影響之下，分析正荷。既然同位異量體僅在密度上稍有不同；既然事實上，整個重量全寄托在正荷上；所以，只要對於正荷的速度加以分析，已足夠找出重要的差別（須運用幾條數學原理。）



T. W. Richards

同位異量體的研究給與『原素』一語，一個新意義。在同位異量體被發現之前，我們總以為水銀是一純粹原素——不可再分成爲更簡單的物質。可是阿斯東卻指出，水銀至少是六種不同的同位異量體之混合物。我們將怎樣辦？難道說，將水銀的每種同位異量體都改稱爲原素，而認水銀係一種混合物麼？阿氏寫道：『若是我們採納這種見解，今後我們必須創造一個新字，用以表示氫、鎂、汞等，我們向來所稱爲原素的物質。原素一字，將必與舊時化學和物理文獻中的意義完全不同。更有甚者，這些名詞，將必繼續有所改變。……現在，也是爲將來，讓我們精確的決定此字，藉以表示一種負有固定化學和分光性質的物質。這種物質或是或不是同位異量體的混合物。——換句話說，我們可完全將原子序的觀念，與此相結合。試想這種原素觀念與希臘人的土、空氣、火和水的觀念，相差何祇霄壤！』

再將上圖觀察一遍，也許我們還可以尋出其他可能性。設若圖(3)的核上有7正荷和3負荷。於是，它有四個過剩的正荷。因此，C處必須有四個電子纔能呈中和現象。圖(4)所表示的原子，只需三個電子。既然(2)(3)兩原子的外圈電子數不同；既然原素的化學性質以外圈電子爲轉



MOSELEY

可惜將來可成爲愛恩斯坦、羅澤福特那樣奇才的莫斯雷，竟枉死在大戰中！米理根教授寫道：「歐戰的結果，即使沒有什麼其他，但摧殘了這位青年的生命，僅此一事，已是歷史上，最令人憎惡，而又最無法補救的罪惡了。」

當莫斯雷進行研究原子序的時候，丹麥青年鮑耳也在羅氏實驗室內努力工作。他細心研究羅氏原子構造學說，並且還盡量加以擴充。結果，他尋出元素所生的特性光譜（整個光譜分析學全基於此），係與環繞原子核的各種穩定圈道有關。不過，他的學說之複雜難懂，不亞於愛恩斯坦學說，故這裏不能多及了。

於是，我們的漫遊也暫告一段落。我們的旅館是電子。羅澤福特、米理根、阿斯東、鮑耳等人也均留此，藉以修養。他們和他們的學生，將必重整行裝，更往前進。或者，他們將發現電子，也像原子一樣，是一個太陽系的縮圖。爲什麼不能數無大小，爲什麼有一個限制？爲什麼現代，或下一個時代，甚至任何時代，將在任一方內達？到止境？所以，不等我們弄清愛恩斯坦及其四度時空，早又有五度和六度的假設了。同樣，不等我們弄清羅澤福特及其電子，電子之祖，X先生，或已將大露頭角了。噫！

思想是怎樣的在變演把戲！心靈是怎樣的在提高位置！深入原子，抉發其祕奧者，是這萬物之靈，自淪地獄，以製造大戰者，亦是這萬物之靈，何其不可思議若是！



BOHR

續第九章 原子：它的構造

作者說過：「一原子中有兩個極不相同的部分：一是內部，比較穩定，那就是「核」；一是外部，極不穩定，那就是「行星圈。」」行星圈乃電子的勢力範圍，核內纔是質子的領土。不過，所謂比較穩定，多少帶點神祕性的核，其中是否僅僅質子存在，確是個疑問。要解決這個疑問，想知道核內有些什麼，最好將近數年來科學家對於原子構造研究的成績，檢討一番。

大凡一件新現象的發現，常能將舊觀念粉飾或改造一番，甚至創出一嶄新的概念，用以解釋宇宙的謎。這句話的正確性，物理科學，在歷史上，藉其日新月異的事實，立下了不少牢不可破的鐵證。近四十年來，我們對於原子構造觀的改變，就是一個極好的例證。

十九世紀中期，人們尚以為原子是物質構造中，微不可察的單位。誰知一到十九世紀末葉，不但湯姆生發現了電子，柏克勒爾、居禮夫人、羅澤福特、蘇德等人，先後發表輻射現象的奇觀，而蒲郎

克遠創造了他的量子學說。在一九一一至一九一二年間，羅澤福特完成了他的核體學說。這種學說可說是今日原子構造的本質概念的基礎。一九一三年，鮑耳的光譜淵源研究更劃分了一個新時代。他將羅氏核體模型與蒲氏輻射能的原子觀，打成一片。

鮑羅二氏的原子模型，可以概述如下：半徑在 $0.5-3 \times 10^{-8}$ cm. 廣度之間的球體內，有 N 個電子，在原子中心小不堪言的核週圍，因正電荷 $+Ze$ 是電子上的電荷）而引起的力場，循環轉動。據觀察 α 粒子（氦原子核）與各種原素的原子，互相撞擊的結果，我們知道核的真正直徑不及原子的 10^{-5} 大小。我們又知道電子的質量僅及氫原子的 $1/1870$ ，並且原子中所能容 N 的最高值是 92 ，所以原子的整個質量，似乎非全集中在核上不可。

N 值因原素的不同而有差別： H 是 1 ， He 是 2 ， Li 是 3 ，…… U 是 92 等等，這與週期列表上的次序很符合。不過，間或有三數個原子的體系有同樣的 N 值，和不同樣的原子量 A ，也是很可能的。像這類原子，它們同屬於同一化學原素（那就是說，它們在週期列表上佔着同一位置）叫做同位異量體。就我們所知，幾乎所有的原素都有二個以上同位異量體。比如說，錫有十一個，氫有三

個，氧有三個，汞有五個。但是，我們將怎樣去表示這些同位異量體呢？表示的方法很簡單：先寫一個原素的化學符號，然後在它的右上角標一數字，以示質量。在它的左下角（或右下角）標一數字，以示N值。於是，氫、氧二原素的三個同位異量體可以示之如下： ${}^1_1\text{H}$ 、 ${}^2_1\text{H}$ 、 ${}^3_1\text{H}$ 和 ${}^{16}_8\text{O}$ 、 ${}^{17}_8\text{O}$ 、 ${}^{18}_8\text{O}$ 。核體化學雖說是近二十年來的事，但在近代科學中，它要算一最活躍的特殊項目。核體作用與普通化學作用極相類似。不過，前者所研究的物質，較諸後者在密度上超過千億倍罷了。其力極大，故使用的能量當較普通原子化學中所施用的大百萬倍。

誰都知道，物質最顯著的特徵就是質量。若用現代科學的眼光看來，一切物質似乎皆由下列四種基本粒子構成：(1) 質子 (p)，(2) 中子 (neutron) (n)，(3) 電子 (e)，(4) 正子 (positron)。甚至還有所謂微中子 (neutrino) 者，但其存在與否，至今尚未有確證。

茲將基本粒子附表於后，以示一般：

質量單位等於 1.65×10^{-24} 公分

粒子	電荷	質量
質子	單位+	1.0075
中子	零	1.00856
電子	單位-	0.00055
正子	單位+	0.00055
微中子	零	極微
光子	零	隨速率而不同

一九二三年，赫耕斯(Harkins)告訴我們，一切原子核的組織，都可以用下列一個公式表示：

$$({}^A_Z)X^{N+}$$

n 是一負有『零值』電荷的中子， p 是一負有單獨正電荷的質子，而 Z (原子序) 是核內正電荷的總和，其值自零起至九二止。I (同位值) 由 1 至 92 不等。

比方說，通常氧的 Z 值是 8， I 值是 0，其原子核內當含有八個中子和八個質子。

一般而言，氧的原子量是一六。既然每個非核電子的質量是 0.00055，所以核的質量當是

15.99945 那就是說，1中子或質子的平均質量是 0.999725。但是，我們知道，在自由狀態之下，質子量是 1.0075 而中子量是 1.00856。這樣說來，若是八個中子和八個質子湊合起來，形成一氧原子核時，它們必損失其總量的 0.82%。這種損失，通常稱之曰湊合效應（Packing Effect）。

一九一九年，羅澤福特用 α 粒子轟擊各種原子時，發見質子和氫原子核的射出。這是原素人工變換的第一個實例。由觀察的結果，羅氏歸納道，核的基本單位是質子和電子。

可是，最近四年的新奇觀察，將原子核的構造觀完全改變了。在某種情況之下，核體還能放出下列粒子：

- (1) 中子——它有與質子相當的質量而無電荷（它的符號是 n 或 n_0 ）。
 - (2) 正子——它是與電子質量相等，而負有正電荷的粒子（它的附號是 e_+ ）。
- 更進一步，有不少理論物理學家，以為核中還有下列二種粒子存在：

(1) 微中子——它是有與電子或正子相等或較小的質量而負有『零值』電荷的粒子。

(2) 負質子 (Negatron) —— 它是有與質子相等的質量而負負電荷的粒子。

在理論上講，這兩種粒子有存在的可能，而今只缺事實的明證。

結果，從觀察中子動態的典型和性質，我們可以判斷核體構造的基本單位是中子和質子。

現在讓我們來談談中子和正子是怎樣發現的。

一九三二年，居禮夫人的女兒 (Trene Curie) 和她的丈夫賈利阿 (P. Joliot) 曾將德人利用鈾中 α 粒子轟擊鈹子攝敢超度穿透力的輻射能的實驗，重做了一遍。結果，他們尋出輻射能中含有超短波的 γ 射線。接着蕭德威克 (J. Chadwick) 也研究這個問題。一九三二年二月二十七日，他發表了他所得的結果。他以為輻射能中含有一種特殊的粒子，他稱之曰中子。中子最引人注目的特性有三：(1) 它有高速穿透物質的能力，且其穿透距離不是任何原子所能及；(2) 它能使別的原子活動；(3) 它極易與別個原子核連結一起。中子就這樣確定的被發現了。

再說，一九三二年，安德生 (C. D. Anderson) 在美國加州學藝學院，研究宇宙線的性質時，偶而發現正子。他的實驗情形是：在一膨脹室的週圍，設置一磁力場，使其軸與室平行。因此，宇宙線

所產生的每個負有電荷的粒子，在磁場中必受曲折作用。更進一步，他在膨脹室中放了一塊厚約 6mm. 的鉛片，以作屏障之用。它的目的在使由宇宙線中放出的粒子都被阻止或延攔。他曾寫道：「一九三二年八月間，我曾攝取一張照片，明白的指出一正電荷粒子穿透鉛片發出微弱的能量。這樣照片所啓示的甚為顯明。因此照片還未沖曬完畢，我們已經得到了結論：這粒子許是一顆正電子。」

一九三三年布賴期和戴可麗尼 (P. M. S. Blackett and G. P. S. DeckiaIini) 在英國劍橋證實了安德生的觀察不錯。後來，他們又與安德生合作，指出不僅宇宙線產生正子，在用 α 粒子施行人工變換實驗的過程中，也有正子產生。於是，正子的存在，纔為科學界所公認。

正電子和負電子有着同樣的質量，約當氫原子量的 $1/1830$ 。它們雖有相等的能力，卻負着相反的電荷。而最大的分別是：負電子是原子外部的主角，正電子則僅能於極短時期中存在。雖然，關於原子的各種學說，並不能推證正電子有存在原子內的可能，可是，這種原子確實是從原子內射出。就狄銳克 (Dirac) 學說講，正子的生命非常短促，甚至不及 10^{-9} 秒的時光，即已消失。直至

今日我們對於正子還不十分明瞭，其詳盡的認識有待來日的探討。

現在，我們來講一點關於核體化學的事吧。且先舉一例：

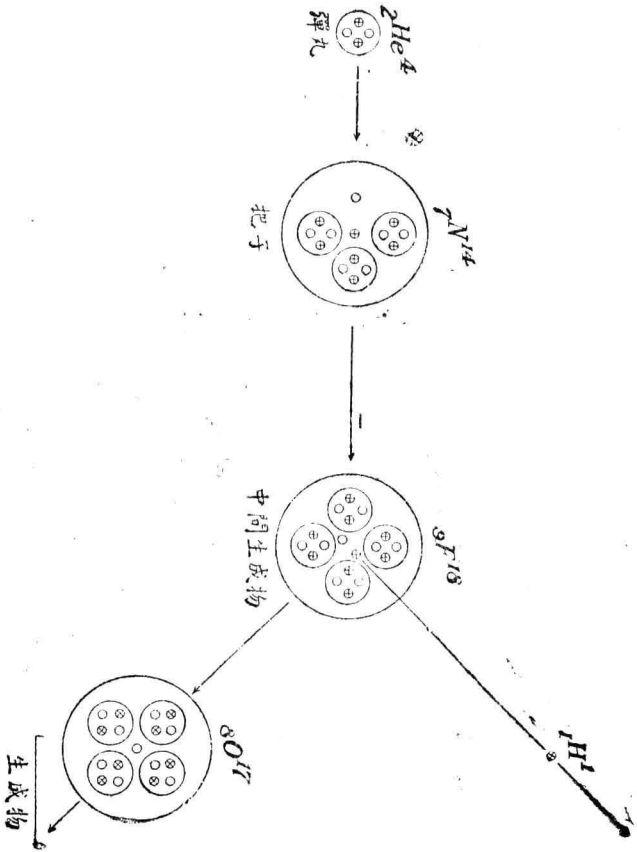


若是 AB^* 有一低同位值 (I) 如 I，它的生命必甚短促 (約十分鐘之譜)。它因失去一正電子，竟能趨於穩定。只是這樣一來，它的原子序低了一級 (N 變為 C) 而同位值卻增高了兩級。 AB^* 還會進而化解成二個核體：C 和 D。所以，我們可以講，初級作用乃是一新原子的形成。這種作用與普通化學作用一樣，也是 A 與 B 相互作用，產生 C 與 D。例如：



這個式子豈不是很明白的告訴我們：氮與氦結合產生了氟嗎？可是，這氟原子容納的不僅是氮、氦二原子的質量總和，還有氮原子的動能。因之，其中的能量較一穩定氟原子為多，不易保持常態。所以這帶點『戟發性』的核，常會分解成氧原子和一氫原子。二者各向不同的方向飛去。圖解如下：

以氮原子核做把子，用氦原子核射擊。給果產生一中間物，氟原子核。此物即以高速移動，最後



原素變換作用圖解

分解成氫和氧。是以，其生命非常短促。在此例中，氧原子核頗稱穩定。不過，像這樣一個核體有時也不甚穩定。故有第二次分解的現象發生。若是用質子做彈丸，用原子量為 12 的碳做把子，所產生的中間物當是 N_{13} ；其生命也極短促，僅能維持 0.01 分鐘之久。最後的產物是 C_{13} （不是 17 ）和一負電子（不是 $^{-1}H^1$ ）。

由此看來，這種作用已被證實乃一分解的綜合。換句話說，即所謂奪取式的分解作用，而非純粹的分解或無奪取的分解。因為發現了這種作用，纔產生所謂核體化學。

總結一句：無論何種原素的原子都可用來做把子，而有實效的彈丸種類不多。至於載發後的生成物也有一定。請參看下表：

彈丸	生成物	
	初次生成物 (AB*)	再次生成物 (C)
α 粒子	質子或中子	正電子, 負電子
質子	α 粒子, 重氫核, 正電子	正電子
中子	α 粒子, 質子, 負電子	負電子

由以上各點看來，我們知道所謂核體分解乃起自不穩定的中間生成核發的輻射作用。

再說，第一次人工輻射原子的製出是赫耕斯、費斯 (Gans) 和牛生 (Newson) 等人主其事。他們知道若借用中子的力量，不難產生一個質量為 16 的氮。在他們看來，這種高原子量的氮，能夠遲緩負電子的射出，而變成原子量為 16 的氧。

居禮與賈利阿使用多量的鈾，藉 α 射線產生一種典型特異的輻射能。於是，他們完成了一個直接實驗的證據。這種工作十分重要，因為他們第一次產生了同位值為負的原子。

就現時而論，似乎每種原素都可以輻射方式出現。而且，大多數在醫學上有顯著的功效。據說中子對於肉體機構的效應較 γ 射線尤為強烈。因為肉體內含有多量的水份，當高速的中子穿透肉體時，立即轉變成遲緩的中子，故為肉體所吸收。這豈不是核體化學又侵入生理學的疆域了麼？

最後，我們摘錄拿任使 (F. O. Lawrence) 對於人工輻射能的用途所說的一段話做個結語。他說：『現在，有許多原素的輻射典型可以在實驗室中製出。許多研究的新路也都開闢了。我們

可以期望，在最近的將來，人工輻射物在物理和生物科學方面，必成爲一重要角色，這並非狂語。當然，對於人工輻射物若能更精密的研究一番，我們對於原子構造，豈不是有更進一步的了解麼？不但如此，這些新輻射物竟成了 β 和 γ 射線的理想淵源。和輻射磷能供給無 γ 射線的 β 輻射能。因此研究高速電子在物質中的動態的難題，有了相當的解決。還有許多新輻射物所射出的 γ 射線較天然輻射物尤具能量和穿透力。無疑的， γ 射線能源的運用，能使我們對於輻射能與物質彼此間的相互作用知道更清楚，更詳盡。』

註：本文係選譯下列二文而成：

1. Nuclear chemistry, the neutron and artificial radioactivity, W. O. Harkins, Science 83 pp. 532-542 June 5, 1936.

2. Exploring the atomic nucleus, by Saul Dushman; Electrical Engineering, July 1936 Vol. 55, No. 7.

第十章 原子構造的應用：雷厲和拉姆賽的功業

鹽發現在海洋裏和地球的內部。不過地球內部的貯藏是有史前海洋貯藏的遺物。所以，海水可以說是鹽的母體。既然海洋佔地面四分之三，深約三英里，而且鹽在海洋中的百分率是二·八；故若能將海洋中的鹽全數提出，那足可以填滿六百萬立方英里的空間。

在工業上講，鹽具有極廣大的重要性。製造氯、鹽酸、重碳酸鈉和洗滌鹼，在在都需要鹽。在生理上講，鹽是食品中不可缺少的一項。沒有它胃中所需要的鹽酸，就無從產生。而且，鹽可以幫助細胞和洗滌液中間，樹立平衡狀態——這種狀態對於生物的有效作用，極其重要。

鹽的化學名稱是氯化鈉。這個名稱表示，這種物質是由鈉和氯二元素所形成的。的確，若將純粹氯化鈉，不管它的來源如何，加以分析，結果，除鈉和氯而外，必無他物。當我們研究鈉和氯的性質，並將它們與氯化鈉的性質加以比較時，我們不僅在兩元素中，找出顯著的差異；就是這兩元素和

它們所組成的物質，也極不相同。我們知道，鈉是一個極毒、極活動的金屬。其活動程度之高，以致它與水都能起激烈作用。氯與鈉一樣，也具有毒性。——它是上次大戰中所施用各種毒氣的始祖。

——所不同者，它是氣體。可是，氯化鈉不僅是一個無毒的固體，而且還是一個絕對需要的食品。如你加以哲學的思考，簡直很少化學實驗，將一燃燒的鈉片，放入氯中，即形成食鹽，這個實驗更能動人聽聞。這裏，我們有一個化學作用的例。奇異的，兩個原素組成一個化合物。結果，原素和化合物的物理與化學性質，相差極遠。

假如我們問：在這種作用中有什麼現象發生？這種化學作用是什麼？我們必須檢討近十年來關於原子構造的闡明，乃能尋找答案，尤其重要的是檢討一位美國卓越的化學家郎格摩的工作。我們可以看到，從前化學家的極含糊而又極動聽的答案：什麼「化學親和力」的活動，現在已可代以一個假設，使我們對於確切的真實，能走近一步。

我們且回到一八九四年，將雷厲和拉姆賽的深遠而又重要的發現，作一個明確的略述。

雷厲 (Hon. William Strutt, third Baron Rayleigh 1843-1919) 因為發現氫，他的



Reynolds

名字已深印在人的心腦中。氫是一種以百分之一的成分存在於空氣中的氣體。雷厲一生僅著一書：『音的理論』，這本書要算是英文音學著作中之最精博的一本。對於物理學有四百多件創作的貢獻。他於馬克斯威爾、開爾文、赫爾姆賀茲是朋友，並且深交。不過他的名望卻遠在這三位偉大人物之下。他繼馬氏任劍橋 文底西物理教授一職。跟着湯氏又繼任他的職位。可是在比較之下，雷厲的名望又遠不如人。雷厲是一個大物理學家，但馬、湯二氏卻是更偉大的物理學家。

雷厲二十三歲畢業於劍橋，他的成績列在甲等第一名。所以，當他畢業時，有一個僧侶親戚力勸他盡他應盡的『義務』。那就是說，他應該上政治舞臺；做一名市長或國務員。雷厲卻以為他對於科學有應盡的『天職』。儘管這位僧侶親戚說什麼拋棄社會與國家，而置身於科學事業，真不啻墜入極狹的道中，這一類的話。就是劍橋當局也抱着這牧師同樣的主張。因為那時——一八六七年——大學還只開辦一班絕無僅有的實驗課程：定性分析。今日的大學生給它題了一個雅號：『試驗管』。從一八六七年到一九二六年是一個長途。近來，文底西實驗室，在實驗物理學方面的設備，可說是世界聞名的。而且，無論那一週日，你都可以看見三位榮膺諾貝爾獎金的物理

學家：湯姆生、羅澤福特和阿斯東，在那裏工作。就是極其專門的研究，如生物化學一科，也有特別的設備；而且，它還獨佔一座樓館。在劍橋，今日仍與牛頓時代一樣，黑板上畫滿了數學符號。所不同者，這種工作現在只是實驗前，對於所定假設的初步研究。所以，愛恩斯坦學說，對於光線經過太陽旁近時，即呈偏折現象的理論，還是劍橋天文學家艾定通（Eddington）加以實地證實的。湯姆生所提出關於原子構造的理論，也是一位劍橋物理學家威爾遜加以充實的。威氏曾籌劃一個極精巧的實驗，藉以攝取由鐳放出的 α 射線之痕跡。

雷厲二十四歲時，被選為三一學院會員之一。他對於數學極賦天才。但是，對於實驗室內的工作，他卻不甚在行。好在他是富有資產的人，故能建設他自己的實驗室，自請助手，一方面，他還努力讀馬克斯威爾關於電磁場的論文，赫爾姆賀茲關於色覺的論文，以及斯多楷士（Stokes）、開爾文等人的重要文件。這些文章推動他的實驗工作。於是，他勇往前進，毫不間歇的工作了二十餘年。

一八九四年是他的事業轉變時期。他研究氣體密度經過多次試驗，都無所成就，但後來，卻由此得到一個重大的發現——氫，一種前此未曾發現過，而存在於大氣中的氣體。隨後，空氣中其他

四種氣體原素也一一暴露出來：氮、氦、氫、雷厲在他的實驗中尋出由空氣製出的氮，其密度總比人工氮的密度稍微而且恆定的高一點。因此他寫給自然雜誌說道：『對於氮的密度，研究結果，我終於迷惑不清。若是你的讀者中，有能對此貢獻一點意見者，我是極其歡迎的。由兩種製造方法，我得到極不相同的數值。它們的數值相差大約在千分之一左右。這個數目雖小，但是它已超出實驗錯誤的範圍之外。』

雷厲寫給自然的信，引起倫敦大學化學教授拉姆賽（一八五二——一九一六）的注意。這位倫敦化學家曾尋出：氮極容易被鎂吸收。於是，他想：若是首先將空氣中的氧除去，然後再將剩留下來的氮通過燒熱的鎂，則存在於大氣中的其餘氣體是不會被吸收的。實驗證實了這個假設。而且，未被吸收的氣體也被分離出。同時，雷厲自己用別種方法，也得到同樣的結果。他將遠在百年前，一個幾被人遺忘的概文底西實驗，重新做了一遍。後來，雷厲和拉姆賽同意合作。因此一八九四年，他們在大不列顛科學促進協會舉行集會時，宣佈了他們的發現。

那時，科學家都抱着懷疑的心境。什麼！經過科學家數世紀窮極探討的大氣，難道其中仍有前

此未曾隔離的氣體存在不成！他們搖着頭，帶着懷疑者的笑臉，評以手術錯誤和結論輕率之辭，誨以持事務須慎密和接物尤戒熱狂之訓。可是，十年後，一九〇四年，雷厲在物理方面，拉姆賽在化學方面，都得到諾貝爾獎金。

這種氣體，氩，在化學上最顯著的性質，是完全不活潑（所以稱它 argon 是不活潑的意思）。拉姆賽和雷厲想盡方法，力使這種原素與別種原素或化合物化合；結果失敗。在氩發現之前，莫花桑在巴黎大學，第一次，將原素中最活動的氟隔離出。因為此元素極活動，故以前一向就沒有一個

人能夠將它從它的化合物中分出。但是，就是氟，也不能與氩化合。

氩被發現後，拉姆賽立即轉眼到美國地質研究所 (U. S. Geological Survey) 希賴邦

(Hillebrand) 的實驗。從某種礦，特別是瀝青礦，提出一種氣體，極似氮。現在，甚至疑心其中也有

氩的存在。拉姆賽馬上動手實驗，結果他得着氩；還有另一氣體，其光譜與存在日暉中一種原素的

光譜，極其照合。當時，人總以為那是日中所獨有的。羅凱爾 (Lockyer) 早給它取名叫『氦』。現

在，拉姆賽重新發現它也存在於地球上。我們且聽聽發現者自述這段故事吧。一八九五年，三月二



W. Ramsay.

十四日，他寫給他的妻子道：『讓我先報告你一件重大新聞吧。我曾將新氣體裝入一真空管內，再用心將它安排妥當，以便在一分光器中，同時可以觀察新氣體和氫的光譜。這氣體中，有氫參雜其間，但光譜上卻另有一條極顯著的黃線，光輝燦爛。雖然它不是鈉線，但極近似。我曾一度被它難倒，但終久我發覺「鼠尾」。我已告訴過克魯克斯（威廉·克魯克斯爵士，我們已提及過他。）至星期六早晨，當我同郝爾萊（Harley）、謝而德士（Shields）二位（他的助手）在黑房裏觀察光譜時，我們接到克魯克斯的電報。我將原電附上。你看了也許會驚奇他在說些什麼。我告訴你，氫是太陽光譜中一條線的名稱；而這條線是屬於一個原素的。但是，前此並不會有人知道，地球上也有這種原素存在着。須知道，這種原素，性極強頑，竟勝過氫。昨天，我拍了一個電報給伯特樂（Berthelot）（一位有名的法國化學家）——「我從氫的混合物中，將氫隔離。克魯克斯證實光譜。學會星期六電——拉姆賽」……雷厲那裏，我也寫過一封信。明日，我還預備給R. S.（皇家學會）一個通知呢。……』

一八九五年，氫的發現，第一次，在化學學會年會中，當半疑半信的聽衆前宣佈了。那日也就是

雷厲榮受法拉第紀念章的一天。更進步的研究證明氦不僅是一大地原素，且常在礦苗和礦水中出現。後來，開斯爾 (Kaysor) 竟證實氦也存在於空氣裏。像氫一樣，氦不能與其他任何物質化合。

一八九四年以前，沒有一個科學家懷疑過大氣中還有未知原素存在。拉姆賽和雷厲的發現震動了科學世界，各方面對他們都表示敬意。開爾文曾以皇家學會會長資格，贈拉姆賽一塊德裴紀念章，並說了下列一番話：

「……德裴紀念章，特別用來獎勵拉姆賽下列幾件研究工作：第一，他與雷厲男爵合作，對於氫的性質有所研究，並發現從大氣中取氫的較進步而又迅速的方法。第二，他在某種稀有礦苗中，發現一新原素氣體，與太陽中某原素完全一致。多年前，羅凱爾稱它為「氦」。……贈拉姆賽教授一塊德裴紀念章，是我們對於他在氫和氦的工作上，表示承認的一種褒榮。外國科學學會也多對他莊重的讚揚過。因為他發現這些氣體，他榮受了日內瓦哲學學會 (Société Philosophique de Genève) 和黎登哲學學會 (Leyden Philosophical Society) 會員名位。美國科學學會 (American Academy of Sciences) 也贈他科倫比亞學院巴納爾獎章 (Barnard Medal

of Columbia (College) 數星期前，他又被選爲法國科學學會外國通信會員。』

這些發現給與社會極大的震動，就是青年學生也深受其影響。有人說：『學生們在考題的答
案上，竟忘了寫氧是空氣成分之一，卻拉雜滿紙，表示他或她對於氫懂得很多。』但是，拉姆賽還不
足以使他的科學同僚目瞪口呆。將孟得雷業夫原素週期列表詳細研究一番後，他確定在氦與氫
中間，必還有一不活潑氣體存在。其實，多年前，孟氏早用同樣的法則，預言新原素的發現。拉姆賽盡
力遍搜這種新原素：世界各處的礦苗，英國、法國、冰島等地的礦水，天空飛來的隕石——結果大失
所望。不過，終久他尋出一條線路：利用擴散作用，氫可以分爲較輕和較重的部分。這很可以證明氫
中必混有一種未知氣體；而且，其量甚微。因此，不容易檢驗出它的存在。所以，若要得到相當容量的
未知物，不得不用大批氫來做原料了。

分離混合物各成分的一個簡單方法就是將混合物煮沸。然後分次收聚凝結的蒸氣：每種成
分常以一種頗恆定的溫度溜去。在原理上講，這也就是拉姆賽和他的助手馮斐爾士 (Travers) 所採用的方法。於是，他們就製造了十五公升液體氫。拉姆賽寫道：『蒸溜液體氫時，第一部分蒸出

的氣體較氫爲輕。若是使液體空氣慢慢沸騰，較重的氣體最後也會出現。我利用分光器能夠很容易鑑別這些氣體。因爲叫作氦或「新東西」(new one)的輕氣，通電後，即生一極亮的光輝。重氣中叫作氩或「隱藏物」(hidden one)的，在光譜上顯示出兩條光輝：一條落在黃的部分，一條落在綠的部分。第三種氣體，叫作氖或「陌生者」(stranger)，它放出一道青綠色的光線，顯示出一極複雜的光譜，其中青線較爲清楚醒目。』

形成一組的氦、氫、氩和餘外的氖和氙——五種新氣體——都存在大氣中！倫敦化學學會會

對此加以正式追認。他們並贈拉姆賽一塊龍斯泰夫獎章(Longstaff Medal)。須知這種獎章三年纔一次分贈給有所貢獻的化學學會會員。這次該會評議會決議贈章給拉姆賽，因爲他藉他的研究工作使化學科學向前猛進不少。該會會長哈爾卡諦(Mr. Vernon Harcourt)在贈授獎章時說道：『若是我可以說一句貶抑的話，那就是，』——這時，我們可以看見他兩眼的閃灼——『這些原素（氫、氦等）夠不上榮受這樣高貴的地位。因爲，若是其餘的原素也都一樣的沒有活動天性，那末，化學簡直也無法存在了。』

第十一章 原子構造的應用：郎格摩的功業

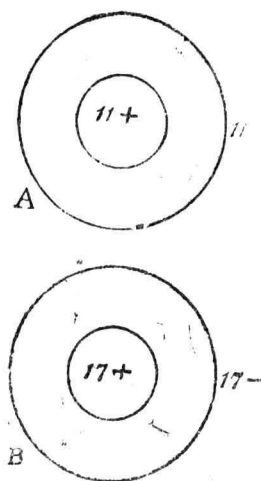
『不活潑』氣體（氫、氦等）除密度各不相同外，這些原素有一個共同的特徵：它們不參與任何化學化合作用。美國化學家郎格摩藉着天賦的聰慧，從這些觀察中，歸納出一極遠大的結論：這些原子之所以不活潑，因為它們有了『穩定的系統』，因為它們的原子配置形成了一極大穩定性和一極小參與化學化合作用傾向的特色。

雖然德國的柯熙爾 (Kossel)，美國的黎惠斯 (Lewis) 對此早有貢獻，郎氏卻是第一個人，在這種學說上，給我們一明顯的陳述和論理的推演。不過本章內所討論的這種學說，其發展很有幾處是黎氏與有功績的。

就算那種配置是穩定的。但是，我們如何描出那種配置的圖樣呢？要解決這個問題，郎氏很借重湯姆生、羅澤福特諸人對於原子構造的學說，尤其借重莫斯雷對於原子序的發現。

這裏，我們並不作詳細的討論，不過將羅澤福特學說對於我們有關的一部分提出，加以解釋。我們知道原子包括一個載有正電荷和負電荷的核。正電荷叫做質子，負電荷叫做電子。而質子在原子內卻占主要地位。事實上，原子的整個重量常以質子的多寡為轉移。環繞原子核的是一小形電子太陽系。其中電子數與核內過剩的質子數相等。所以，整個的講來，原子是中和的。化學變化與外圍電子有關，與核卻不相涉。只有輻射作用纔與核有關。各種原素的原子間，主要差別，在於外圍電子的數量和配置的狀態。

要對這種學說有一個明顯的、正確的觀念，我們不得不借助於圖解；雖然所示的圖形並不能代表原子的真正配置現象。設若我有A種原素的原子；其核內有十一個過剩的質子。同時，我又有B種原素的原子；其核內有十七個過剩的質子。A、B兩原子可以示之如下：



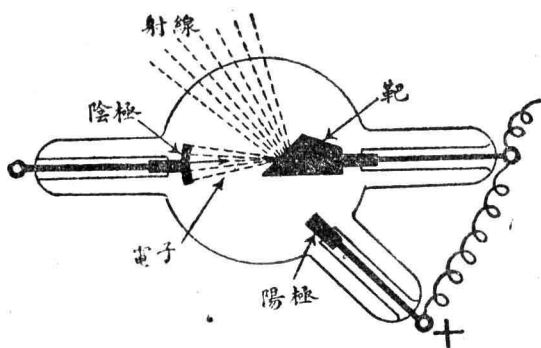
原子構造的簡形



LANGMUIR

A 原子外圈的 11 和 B 原子外圈的 17，都是代表與 A、B 二原子核內過剩的質子中和時所需的電子數。於是，整個的原子在電性上是中和的。A、B 二原子在化學上的不同，全視它們外圈電子數（11 和 17）的多寡和配置的狀態。對於這一點，讀者也許會提出疑問：我們怎樣能夠知道外圈有多少電子呢？我們又怎樣知道這些電子配置的狀態呢？要回答第一個問題，顯然的，若是我們能夠決定核內過剩的正電荷數目，我們可以立刻知道外圈的電子數：因為二者的數目是相同的。所不同者：一是電的正粒子，或稱質子；一是電的負粒子，或稱電子。英國青年莫斯雷對於這個問題，有極大的貢獻。他所用的工具是 X 射線管。我們就用這個做出發點，開始討論吧。

用一個如圖所示的玻璃管，將其中的空氣盡量抽出



X 射線管

後，電流即可通行無阻。由陰極，負電荷的一極，射出一道負電荷粒子，即電子，落在一片金屬阻屏上（無線電檢波和放大管中的電子，全由燈絲中飛出）。於是，阻屏上發生熱光——和X射線。X射線與光和無線電波一樣，都是以太中的振動。它們只有一點不同：它們各有各的波長。X射線的振動率約當尋常光線的振動率的一萬倍。可是，X射線本身的振動率也還要看阻屏是那一種材料做的，纔能決定。這最後一句話，就是莫斯雷偉大發現的關鍵。應用各種原素製成阻屏後，波長相差極微的X射線，也都產生了出來。我們使各種X射線經過一結晶鹽體，再將所得的光譜攝影，然後加以研究——正像我們使日光穿過稜鏡，析出一個光譜，然後加以研究一樣。莫斯雷將各種X射線的波長與其物質的密度，互相配合起來，再運用一串計算方式，即可將原素的原子序求出，並且證實原子序就是原子核上電荷的數目。可是，這種運算太繁雜。這本小冊子裏，我們無法加以討論。但由此所得的數字——莫斯雷稱它爲原子序——給了我們一種啓示：若是將原素依照它們的密度大小順序排列起來，開頭十七個原子序是：氫1，氦2，鋰3，鈹4，硼5，碳6，氮7，氧8，氟9，氖10，鈉11，鎂12，鋁13，矽14，磷15，硫16，氯17。

有些讀者對於數學或有興趣，故特將莫斯雷計算原子序的方程式抄在下面：

$$V = A(N-1)^2 \quad \text{按 } V \text{ 指振動頻率, } A \text{ 爲一常數, } N \text{ 指原子序。}$$

這樣的排列下去，一直推到元素中最重的鈾，我們可以尋出任何兩個相連的元素，其原子序的差是一。我們從純粹的實驗工作中，找出元素間有 1、2、3 等順序數目的關係存在，則我們當已走近了自然的祕奧之一，這是不待智者而自明的。莫斯雷在他的名著中寫道：『原子中有一基本的量，極有規則的在元素中循

序向前。這個量就是存在於中

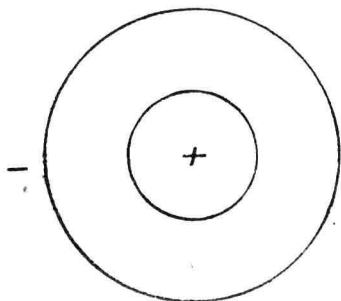
心正核上的電荷。』用最簡單

的圖形，我們可以表示原子序

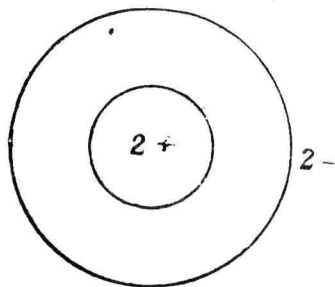
是 1 的氫，如下：

和原子序是 2 的氦，如下：

其餘可類推。



氫原子構造圖形



氦原子構造圖形

我們極欲回答讀者所提出的第一個問題：我們怎樣知道原子的外圍有多少電子呢？關於這，羅澤福特和他的助手曾用另一方法測定一部分原素的原子序，或核電荷。其結果與莫氏的實驗完全一致。而且一般的說來，原素的原子序——我們可以說，原子序是核內質子超過電子的數目。而且，這個數必須與外圍的電子數互相照合——竟是該原素原子量的一半。若是以氫做單位，原子量不過表示各原素的原子量較氫的原子量重若干倍。例如，碳的原子序是6，氧的原子序是8，它們的原子量是12和16。

現在，讓我們來討論第二個問題吧——原子的外圍電子是怎樣配置的你也許還記得上面說過，外圍電子的數目和配置足以規定原素的化學性質。我們已發現測定電子數的方法。若是我們能描出電子的配置圖形，我們就可以解釋原素之化學的種種活動，我們能瞭解鈉怎樣與氯化合而成氯化鈉或食鹽。

這裏，郎格摩要與你見面了。你尚可聯想到郎氏——還有柯熙爾和黎惠斯——對於『不活潑』氣體——氫、氮、氧、氫（和氫）——之不發生化合作用。曾深切注意過。你還會聯想到郎氏

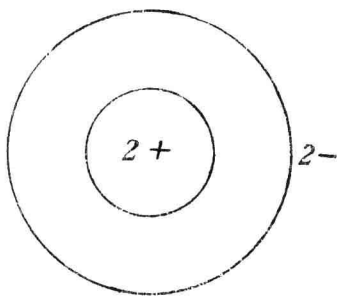
怎樣會自創一種學說以爲這些原素之所以在化學上不活潑，因爲它們的原子有了一個穩定的配置。但是，那是一種怎樣的配置呢？原子序給他一個暗示，使他能夠解釋這個神祕的謎。

氦是不活潑氣體中最輕的一個。它的原子序是2。這種原素可以用最簡單的方法描畫出來。

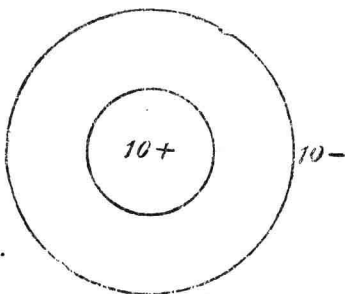
它的外圈有二個電子。氦是穩定原素中的第一個。而且，除氦外，它在原素中，要算是最輕的。故我們可以假定，除氦外，環繞一切原素之原子核的第一圈，都含有兩個電子。在原子序上，氦是不活潑氣體中的第二個。

它的序數是10。它的簡單圖形如下：

依照郎氏的意見，約略的說來，——爲簡明起見作者將許多詳細的討論都刪去不談——氦有二



氦原子的構造

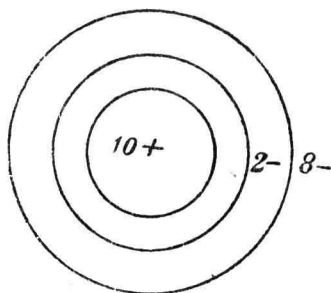


氖原子的簡圖

個外圈。像氦一樣，第一圈上有二個電子，第二圈上卻有八個電子（共計十個電子。）所以，氖又可用下列圖形表示：

我們知道氖是一個不活潑原素，故可知，自然很顯明的規定：凡原素的原子，第一圈有二個電子，第二圈有八個電子者，必是一種穩定原素。雖然郎氏對於這樣一個系統，曾想出許多精妙的學說，極盡解釋之能事。但是，爲什麼有這樣的現象，卻仍不十分明瞭。我們且不窮加研究。至少，有一點，我們可以看出，而且很重要：那就是，若是我們腦中存有郎氏的概念，我們可以解釋好多種原素的化學活動性或化學不活動性。

循着原子序向上數，第三個不活潑原素是氖。它的原子序是18。依照上面的原理講，它的第一圈必像氦一樣，含有2個電子。第二圈像氖一樣，有8個電子。第三圈也必含有8個電子，因爲它的總數是18。所以它的圖形應該是這樣：

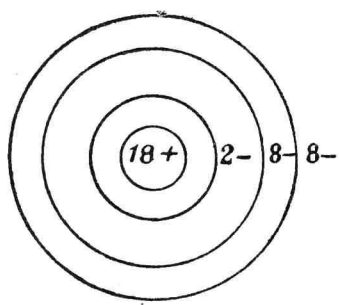


氖原子的構造

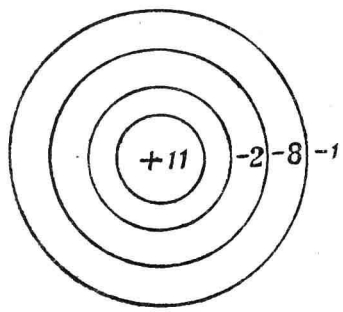
由此類推：氦的原子序是 2，各圈電子數的配置是 2；氖的原子序是 10，各圈電子數的配置是 2, 8；氩的原子序是 18，各圈電子數的配置是 2, 8, 8；鉀的原子序是 19，各圈電子數的配置是 2, 8, 8, 1；鈣的原子序是 20，各圈電子數的配置是 2, 8, 8, 2。

現在，我們可移動觀點，不妨舉一個實例——為簡明計，我們選擇了氯化鈉，即食鹽——以解答此問題：化學變化是怎樣形成的？鈉的原子序是 11，氯的原子序是 17。運用黎惠斯和郎格摩的假設，我們可以將鈉表之如上：

如圖所示：它的第一圈有二個電子，如氦；它的第二圈，8，如氖；但是，它的第三圈只有一個電子；因為它的整個原子序是 11。照郎氏學說講，像這樣一種原素，若要它穩定，要它在化學上有不活動性，除



氯原子的構造



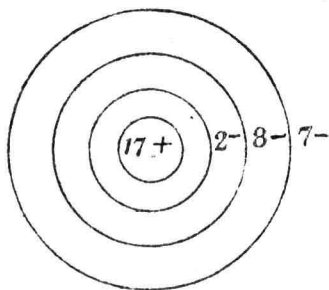
鈉原子的構造

非它的第三圈上有8個電子。換句話說，鈉是一種極不穩定的原素；它是一種在化學上有活動性的原素。它需要7個電子的補充，纔能穩定。否則，失去一個電子，也能使它成爲一個穩定的原素。不過，這樣一來，它只有兩個圈了：第一圈有2個電子，第二圈有8個電子。像這樣一個系統，與氬相同；它必然是一個穩定的原素，不須再加說明了。

論到氯，它的原子序是17。它的圖形應該如下：

氯的第三圈只有7個電子——又是一個不穩定的系統。在化學上講，它是一個具有活動性的原素。若要使它得着穩定性，或是化學的不活動性，或是化學的不活動性，只有兩條路可走：一是奪取一個電子；一是排出七個電子。走前一條路，形成了氫的配置，走後一條路，形成了氖的配置。

當鈉與氯化合成爲所謂食鹽的氯化鈉時，有什麼現象發生？下列的圖形告訴我們一切：



氯原子的構造

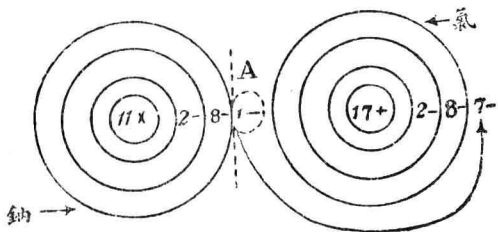
你可以看出，那不過是鈉原子上的一個電子移向氯原子。於是產生穩定的鈉、氯兩個系統。若是你喜歡的話，你可以將鈉與氯二原子中移動的電子，加上一個標記A，以示區別。

你也許會說，在氯化鈉中，我們辨不出，那是鈉或那是氯。就是在喝鹽湯的時候，我們也並不覺得有鈉和氯的原子飄浮在液體中，而在圖中則指出鈉和氯的確存在於鹽的分子中。若是將圖表仔細研究一番，我們不難明瞭其中的道理。當我從鈉原子中取去一個電子，還留下什麼？顯然的，11個質子和10個電子，或 $+11$ 和 -10 。質子多了一個。那就是說，這鈉不再保有電性中和，因為它的原子中有了

一個過剩的質子。它不再是 Na (Na 是Natrium的省寫，是鈉的

符號) 而是 Na^+ 。 Na^+ 是載有電荷的鈉，它是一個負有電荷的原子；它是一個游離子。亞赫尼亞

斯(Arrhenius)和他的助手的一切工作指示我們：游離子的性質和原子的性質完全兩樣。 Na^+



鈉與氯化合時其中電子的動態

是一件東西， Cl^+ 卻是另外一件東西。讀者也許還記得一條陳述吧：一原素的性質，全視——至少一部分——外圍電子數的多寡而定。顯然的，若是我們從一原子中移去一電子，我們決不能再期望那個原子有與前原子同樣的性質。事實上，一個電子的移動足夠將一原子變成爲另一純粹不同的原素。

氯也有同樣的情形。與鈉化合的結果，它有17個質子和18個電子；或 $+17$ 和 -18 ；電子較質子多一個。因此，我們所討論的不再是一賦有電性中和的氯原子，乃是一個多出一電子，或電的負粒子的氯原子。 Cl^- 竟變成 Cl ，氯的游離子。游離子的性質與原子的性質，完全兩樣。

這樣說來，鈉和氯的化學結合，實在是一個電子由鈉向氯的移動。從前的舊解說卻是這樣：鈉和氯的結合——任何兩個原素的結合——由於這些原素間，彼此發生一種神祕的「親和力」。自然，這種說法，在近代科學家看來，不但不大適合而且勉強得很。

我們還須充實我們的理論。我們在未丟開氯化鈉以前，還須解明何以不僅鈉和氯彼此化合會變成氯化鈉，而且，反過來，氯化鈉也能被分解成爲鈉和氯，固體的氯化鈉是一種極穩定的物質；

甚至燒到極高的溫度也不會分解。但是，你卻有法將它破裂成爲最初的原素。只要你先將鹽溶解於水中，再通以電流，就行。這裏有個顯明的事實可證明此意見：當你將鹽溶解於多量的水中時，你所得着的不是具有 NaCl 形式的氯化鈉，乃是鈉游離子和氯游離子： Na^+ 和 Cl^- 。鹽在水中溶解後，引起鹽分子沿着虛線的分裂：如前圖所示。故我們所嘗的湯中鹽味，已不是氯化鈉，而是鈉游離子和氯游離子。當電流通過鹽液時，其中游離子各向其電極移動：正游離子被吸引到負極；同時，負游離子被吸引到正極。請參看下列圖：

當鈉達到負極時，它待着一個負電荷（電子）；於是，它變成『中性』或通常金屬性的鈉。當氯達到正極時，它失去一個電子，也就變成『中性』或通常氣體狀態的氯。

鈉和氯最初化合成氯化鈉；而氯化鈉又被分解成游離子；最後仍復變爲鈉和氯的原子。這一化學作用的變換，全由於一個電子的往返。一個深奧得不可思議的化學變化，竟出於一粒極小

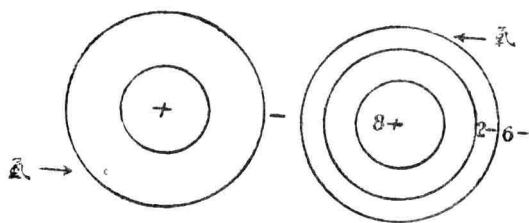


食鹽的電解

的負電！

郎氏這種學說，自不能說已是盡善盡美。因為用這種假設，有些作用不能得到滿意的闡明。但也有極多作用卻能藉此暢然解釋。所以氯化鈉一例，不能認為是沙漠中的花草，實可看作森林中的樹木之一。我們還要舉水和二氧化碳兩個例，加以討論。我們選擇這兩個例的理由是：這兩件東西，如食鹽一樣，也是人所共知的。

水的化學式是 H_2O 。換句話說，兩個氫原子與一個氧原子化合成一個水的分子。氫和氧都是無色氣體；不過氫是自燃的，而氧卻是助燃的。天然水，如江湖池沿各處的水，盡人皆知，無須多加饒舌。我們知道氫的原子序是 1，氧的原子序是 8。運用郎氏的假設，氫氧二原子的構造，可以表之如下：

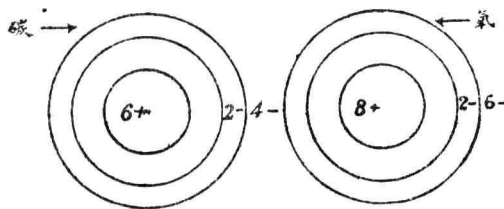


氫氧二原子的構造

氫是極不穩定的，因為它需要一個電子，纔能湊成載有二個電子的

穩定圈。所以，只要有機會，它可以從別的原素中奪取一個電子，或失去一個電子，僅僅留下一個核。同樣，氧也是極不穩定的，因為它的第二圈需有 8 個電子，纔能形成一穩定系統；而它只有 6 個，既然外圈只有 6 個電子，氧的活動傾向當然以由一個或多個原素中攝取二個電子，湊成三個穩定圈，較拋棄 6 個電子，留下二個穩定圈容易得多。若是氫和氧互相化合，顯然的，氫原子只能供給氧原子一個電子，因此，非有二個氫原子讓出二個電子，不能填補氧原子的不足。於是 H_2O 得以形成。當氫氧化合成水時，有二個電子由二個氫原子中，向一個氧原子中移動，使氫和氧組成一個穩定的系統。或者，你也可以說，那是二對電子的跳動。

講到二氧化碳，它的化學式是 CO_2 。這個化合物是由一個碳原子和二個氧原子化合而成。碳的原子序是 6，氧的原子序是 8。這兩個原子的圖形是：



二氧化碳原子的構造

爲要形成一個穩定的系統，碳可以容收或放出 4 個電子；氧可以容收 2 個電子或放出 6 個電子。若是一個碳原子可以放出 4 個電子，那末，需要二個氧原子纔能完成這個化合作用。因爲在這穩定的系統中，每個氧原子缺少二個電子；於是有了 (O_2) 的形成。所以氧中燒碳，產生的二氧化碳，可以視爲四個電子由一個碳原子中向二個氧原子中移動的化學作用；使碳和氧組成一個穩定的系統。或者，我們可以說，那是 4 對電子的跳動。

從可知通常的化學作用，以極小的力形成的化學作用，由於比較不穩定的原素的原子有形成穩定系統的傾向，而原子的穩定性和不穩定性，則全由其外圈的電子數決定。

電子是每個化學作用的根源；也就是生命本身的根源。

第十二章 科學與生命：生命的原始

愛因斯坦和他的相對論的困難，是他嫌地球太小。羅澤福特和他的原子的困難，是他嫌地球太大。其實，原子與地球相比，正好像地球與宇宙相比。概括的講，近代科學的勝利給了我們新的眼睛和新的耳朵聽。再準確一點說，近代科學將我們從前所不能知道的事物，一件一件的擺列在我們的眼前了。沒有一根尺能夠用來量度直徑不及三萬萬分之一英寸的原子的長短。可是，物理學家卻已找到量度原子大小的方法。沒有一架極高度的顯微鏡足以顯示出原子的存在。可是，物理學家卻能確定原子的存在，好像他確定他自身的存在一樣的無疑。原來，科學家成功的祕密全在這裏：他所發明的儀器能使原子變演我們目力所能視察的『把戲』。因此，雖然我們不能知道原子和其內部是怎樣的，我們卻可以大概的描出它一個輪廓。

最近關於原子之空間構造學理上的進展，丹麥青年教授鮑耳貢獻極多。他利用他的學說，解

釋原素爲什麼顯示出其特有的光譜。這是一種非常難以理解的學說。但是，羅基卻竭力將它寫成一本書，就是沒有數學根底的人，也能閱讀。書名是原子與輻射線 (Atoms and Rays, 一九二四年出版)。追本溯源，鮑耳的學說還是以柏林物理學家蒲郎克的一個發現做根據。蒲郎克發現光 X 射線和其他輻射線，不是以連續不斷的波，卻是以稱爲「量子」的「彈丸」射出。羅基寫道：「輻射能爲什麼從原子中一束一束的射出，今日的科學還不能解釋出其所以然。但是，我們卻能確定這與原子內部的構造極有關係。現在，我們應該準備接受那已被發現的不連續性。這種不連續性雖出於吾人意料之外，但卻充滿了整個原子科學，也就是充滿了整個物質世界……原子構造的探討爲一種最近的工作。五十年前，我們不曾夢想過原子也有一個構造，而以爲它似乎是一個堅硬的，不可破裂的，確確實實的幾何立體形。二十五年前，我們纔開始對此懷疑。但仍不知原子構造是怎樣一回事。現在，我們已將它看作一種有規則的點粒集體。每個點粒都有一固定的微小質量和固定的巨大電荷。這些點粒的構造是怎樣的，我們也還不知其詳。我們只知道，在它們中間有極大的空隙。所以，對於這些點粒在比較上頗爲寬闊的原子中的行動，我們竟可運用天文學上

的定律，加以解釋……我們是生活在原子天文學的萌芽時期，這種天文學在化學上的貢獻，有如牛頓在太陽系上的貢獻一般偉大。」

當你思考物質的原始時，你不妨對於它的電子和質子加以比較遠大的想像。這些電子和質子有的結合成氫和氦的原子，這些氫、氦原子又結合成各種各樣的元素，更進一步，元素彼此互相結合，首先變成簡單的無機化合物，其次變成較複雜的無機化合物，後來，複雜的無機化合物，復慢慢的變成簡單的有機化合物。這樣一步一步向前推演，自然而然的變成一個阿米巴——所謂生命！

這就是生命的原始嗎？謝非爾 (Shäfer) 說：『生命的問題就是物質的問題。』華爾士華斯 (Wordsworth) 說：『據我看來，就是最低賤的花，它的開放也能給人一種悲淚的思感。』

超科學派的主腦，可以羅厄布 (Loeb) 和謝非爾兩人代表，他們的思想根源是出自赫胥黎 (Huxley)。遠在一八七〇年時，這位哲學家寫道：『今日的有機化學，分子物理學和生理學雖還極其幼稚，但卻日有驚人的進步，故如謂物質形成生命的種種條件，吾人總不能用人工方法以具

備之，則此種說法，未免太武斷了。」

這番言論發表時，費惜爾（Emil Fischer）還沒有開始研究蛋白質的分子構造；科塞爾尚
未開始他那著名的核質成分之研究，至於名震寰宇的羅厄布之單性生殖實驗，自更在其後了。赫
胥黎藉他的天賦直覺和靈感，他能預知——如超科學家所說——現代研究的結果。我們的化學，
我們的物理學，我們的生物學都已到達自信的地步。所需要的材料也已近在眼前。在這三種科學
範圍內，我們可以找出一完全的解釋。因此，外在因素，可以不必顧慮。

誠然我們對於生命沒有滿意的界說，這對於目前的辯論極少功效。例如斯賓塞（Spencer）
的定義就很神祕。他說：『生命是內在關係與外在關係，繼續不斷的調整。』這猶如說我們對於電
雖尚沒有詳細瞭解，但我們卻能極週密的控制它。

平心而論，超科學家最大的願望，也不過要將生命的現象放入已確立的定律範疇內。他們的
目的在設法調節『力』。他們承認並不懂『力』是什麼。所以，就是他們自身的問題解決了，純粹
唯物論的觀念還是難有進展。

話且說回來生命好像電一樣我們不能給它一個定義但是它卻以某種方式顯露出它的真面目。多數生理學家以爲動作，新陳代謝，生長和生殖是生命的性質。但是，反對者卻有宇賴爾（Wöhler）的人造尿素做根據——他藉此推翻有機物體具有『生命力』的觀念。極力證明生物與非生物間並沒有絕對的界線。你能說這界線就是動作麼？在有機混合物，滴油和水銀珠內，不都有動作麼？這些不是都可以用表面張力的變動解釋的麼？這界線是新陳代謝——攝取食品和排洩廢物——麼？若是對的話，試問在滲透狀況之下液體會被半透膜分開而使物質起互變作用。這又當何說？這界線是生長和生殖麼？若然，則我們不妨將結晶物的生長和增添，考慮一下。

這種類比的辯證，使超科學派對於生命原始創立其今日的學說。開爾文、赫爾姆賀茲、亞赫尼、亞斯三人對於生命原始曾創立一種不着邊際的流星學說（meteoric theories）——他們解釋地球上第一個生命顯現時，已預先假設別處早有細菌存在——謝非爾將這種學說推開不問，勇敢堅持他的假設，以爲生命之起源，爲無生命物質漸次演變的結果。經過長的時間後，簡單的物

質愈變愈複雜。後來，竟變成具有生命的細菌——氮質膠體。

但是，謝非爾史緊迫的問道，爲什麼一切關於生命原始的學說，常以爲這種現象只發生一次？爲什麼我們以爲遠古時代，曾有一次，有過許多機緣湊合，使生命得以發生？若是我們說這些大演進，現在仍是繼續前進，永無止境，豈不更合理麼？

赫胥黎雖曾以爲在某一時期，曾有『生命原形質出自無生命物質的演變。』但謂此種演變，不必求諸遠古時期，則爲一種比較新的意念，尙未能獲得忠實的化學生理學家之贊許。他們的辯論，理由亦並不弱。他們以爲生命如能繼續產生，則各個時期中地球的環境當必大致相同。但事實上卻並不如此。加拿大生物化學家馬可倫 (Macallum) 曾以極高超的幻想，告訴我們謂：『一個巨大的實驗室，其中有足以驚異的力，顯著的是電，能造出千百萬生物；其壽命可支持數小時之久。但若將這些力適當的組合起來，則所謂生命亦即可出現於其中。』英國化學家愛慕斯壯 (Amstrong) 也曾有極高的幻想。

雖然，生長和繁殖是生物的唯一特徵，故猛烈的爭辯亦都集中於此。素以溫和聞名的批評家

梅其爾 (Michell) 即不承認結晶體的比喻，以爲有生命的物質，大都是溶解在水中的混合物，所以用液體做比較，其依據較爲適當。化學家愛慕斯壯，生理學家哈爾登 (Haldane) 則痛駁這種論調。就結晶體而論，其生長不過是單純單位的堆聚。而且，在適當環境之下，結晶體的生長是沒有限制的。要知道，沒有一物能與細胞破裂現象相當；也沒有一物能與有機物體生長之複雜性相當。柏格森 (Bergson) 極富嚴正的科學知識，故爲一極有力量的批評家。他以爲有生命的物體是由各種不相同的部分組合而成，能有各種不同的效能。結晶體則不然：它既沒有前者的組織，又沒有後者的活動。更激烈的叔本華 (Schopenhauer) 寫道：『淺薄的唯物論者，冒然否認生命力的存在。他們欲以物理和化學力解釋生命現象，而此則復歸根到物質的機械效能。但是，我從不相信這種說話。我以爲就是最簡單的化學化合作用，也不能採用這種機械論的解釋。』

柏格森否認謝非爾的整個假設。但是在這方面，他卻與多數科學權威的意見一致。例如威爾遜 (E. B. Wilson) 教授在他的名著細胞的發展一書中，歸納他的見解說道：『大體講來，研究細胞的結果，似乎將最低級生物與無機世界間分野的裂口，不是縮小，反而增大了。』英國化學家鐵

爾登(Sir William Tilden)站在化學的立場上說：『科學家無不堅信任何現象都是研究工作的好題材。而且有系統和善為管理的研究，其能使吾人發見，亦沒有限制。但以此例而論，我卻以為關於有生物之原始一問題，不是化學家的研究範圍，也不是化學所能有助力的。』

我現在要鄭重的聲明，超科學家的意見，主要的是以比較法做根基的——這是一個極有價值的方法，不過有個限制：第一，不可運用過火。第二，須有相當的實驗數據如孟得雷業夫的週期分類法指出鉀鈣和鉀密聯一起。其實，在孟氏之前，此事早已成為實驗上的事實了。欲將油滴的運動以及滲透作用方面的物質互易，視為生物與非生物關繫的學說之基礎，這顯然是不可靠的。而且，這種表面的關繫，並不能解釋適應和調和（此為有生物體的二個特徵）的確，我們的知識雖已有極高度的發展，我們卻還不能運用科學闡明最簡單的生命現象。

但，這並不會減低這種探討的價值研究的衝動是人類至高至上的美德。雖然探討的結果不能解決問題的本身，但問題的範圍卻因此更加顯明。探討者對於複雜的全體，雖不能一目了然，對於各部分則多少可看出一點究竟。有生理學家對於人類機構，專門研究；有化學家對於生命活動

極相關切的複雜物質，分析綜合；有科學的哲學家對於生物和非生物的自然定律，苦心探求；又誰敢預言其結果？

就現在的情形而論，我們可以總結一句說：（一）化學和物理學或可概括各種所需的因素。我們的愚昧由於我們對於這些科學，尤其是化學，尚沒有澈底的認識。不然，定另有其他外在的因素存在。（二）對於生命之原始還未能創立一個確定的學說以前，我們沒有理由說，在時日的進展中，我們不能對於化學和物理學有更深切的研究，或探尋出一個外在的因素。幻想可以想出如何獲取新能力，藉此，可以將許多不是現代方法所能揭發的自然祕密，置於我們的範圍之內。（三）現時，我們不知道除了科學之外，還有更好的方法，推進我們的研究工作。但我們只能對於理會得到的事物有極分把握。科學方法在精神世界方面的應用（呂協克魯克斯、羅基等人的方法）直到今日，還沒有結果。就我們所知，科學足以控制物質世界，但亦只限於此。不管這『物質』就是『心靈』的顯現抑或其間還有什麼別的關係存在；甚至兩者是否同出一源，將來或能將其祕密宣佈出來，但亦不一定。若是我們樂意的話，我們很可與叔本華表同情。他曾說過，我們不能解釋思

想如解釋物質一樣，因為我們只能藉思想認識物質。無論在何種情況之下，不管其方向如何，結果如何，我們祇有隨勉從事而已。

第十二章 科學與生命：科學的應用

戰爭的一個結果，就是將科學推近世界舞臺的最前端。人們時常討論科學對於文化的影響——科學是摧殘文化抑或提高文化？戰爭暴露了科學之壞的一面——誰都知道，以兒童的態度處置火柴，危險是不可避免的。噫！人類是怎樣一個極不負責的羣！所以好多深思遠慮的人，都極端惴於科學所給與我們的可能性。悲觀者告訴我們，人性是惡的。若是他手中有「炸彈」，他寧願用來炸死他的同類，不願建築一條巴拿馬運河。

科學的發展，遠在倫理學之上。在這一點上，樂觀者與悲觀者的意見一致。但是，樂觀者以為，總有一天，科學定能提高人類的道德標準。劍橋生物化學方面的特殊人才哈爾登（他也是一個對於哲學有研究的政治家）就懷着這種見解。他的想像比詩人的還要自由，無所約束。他預言：在生物學奪取物理科學的權威後，人類將有一個美滿的前途。而且，康德的理想主義也將高過一切。但

是幸運的日子或尙甚遠。戰爭不但不可避免，而且很多：一個較一個更爲恐怖。不過，就是在戰爭中，科學也可做出一種建設工作，雖然那是間接的。因爲科學極端的助長強暴，發明各色各樣的殺人工具，造成一個不能容忍的環境。至此，人必欲毀滅罪惡的根源無疑。同時，科學不僅能征服空間，時間和物質，人類軀體的物質，而且還能準備征服人心中的『黑暗與罪惡』的原素。於是，接着就是太平天下，或是與此相近的治世。

羅素 (Russell) 說：天下不會有那樣的事。他是英國的哲學家，又是數學家，政治家和科學家。在他的心目中看來，人類的前途，除了黑暗以外，什麼都看不到。他說：『我極願贊同哈爾登的預言。但是，多年來我對於政治家和執政者的經驗，使我懷疑一切。我駭怕科學將被用以增高優越者的權威，而不是謀人類的福利。伊克魯士 (Icarus) 的父親戴大羅斯 (Dædalus) 教他飛着逃走。結果因爲他太輕率，以致毀身。我甚恐怕現代研究科學的人，教了羣衆學飛，或許也會遭遇同樣的命運。』

羅素以爲科學有兩條路可走：它可以增高人類滿足欲望的力量，但不改變人類的情緒；它亦

可影響人類的哲學和神學。前者的影響遠勝過後者的影響。生物科學與人類科學對於人類均尚未能發生什麼影響，但物理科學的影響則已極大。所以科學創造的結果，祇是便利了集中和宣傳工作，使民衆更趨於有組織，有紀律，有團結心和有服從心。換句話說，領袖對於民衆的威望，由此蒸蒸日上；獨裁統制也就愈加顯明這樣一來，別的都沒有什麼，只是有一件事，卻與科學無關，是即一切組織，都是限於國家的。「在國際競爭中，科學決定了原料的重要性。煤、鐵和油是強權的基礎，也就是財富的淵源。」近代的工業主義是國際間搶奪原料（市場以及「疆土絕對的享有權」）的鬭爭。工業家間的鬭爭代表國家集體的把戲，各想把持煤、鐵和油，各不相讓，以至引起國際間不可避免的衝突——結果，祇有訴之於戰。一旦戰爭爆發，一班原爲主人開發富源的柔馴奴隸，現在都被遣去殺人。當然，他們對於主人和主人的扈從，政治家和外交家，則須另眼看待。

這樣重大的破壞，奴隸們也得負相當責任。科學家只知爲他們的主人效勞，毫無貳心。因爲科學家的腦袋中只有「科學的」意念，並沒有「政治的」思想。他們在實驗室中，極其誠心的工作，對於他們的問題，創出許多想像和技巧；這些都是人類的光榮。但是，他們卻聽任那些充滿貪慾和

強暴的人盜竊他們的發現和發明。在這班人手中，上帝就變成惡魔了。

既然國家組織要引起仇恨和戰爭，則明顯的補救辦法，就是以國際組織，代替國家組織。於是，羅素有了機會恭維威爾遜總統的國際聯盟。他說：『行將組成的國際聯盟，其政治的國際主義，是永不會成功的，除非我們有經濟的國際主義纔行。最低限度，各個國際組織，對於分配世界原料和商場，必須有一個共同的諒解。而這卻又難以實現。因為大的商業，都爲人所統制。這班人富裕到金錢都不能影響他們的程度，爲着競爭的熱狂，寧願受極大的損失。』

遠在『大的商業』將告失敗之前，生理學家必曾設法如何增強財閥的力量。就以分泌腺一題而論——分泌腺能助長你或毀壞你。它使你肥胖或瘦弱，它使你聰慧或愚昧。『生理學，總有一天，能尋找出一個控制情緒的方法。到那時，我們將只許有統制者所期望的情緒。初等教育的主要工作，將必爲製造想像中的根性。從此以後，我們用不着懲罰或道德的訓誡，只須用極有把握的注射或滋養方法……政府可給與執掌權威者的子女，以治人的根性；給與勞動階級者的子女，以服從的根性。要想反抗國醫的注射，就是口若懸河的社會主義者，那怕他有登峯造極的雄辯術，

到那時也無所施其伎倆了。」

將伊克魯士粗粗的閱讀後，我們雖會相信哈爾登與羅素的意見是極端相反的，但事實上則並不如此。哈爾登相信科學的直接效果是壞的，科學引起更多的戰爭，更大的破壞。但是結果，科學必爲心靈的洗藥和人類的救星。要救人類，也許需要數千年的時日。但這在學地質學的人看來，真不啻杯水之一滴。羅素亦相信科學的更直接影響是破壞，但這種破壞會達到掃盡人類踪跡於地球的程度。

這些劍橋科學家的預言，此時尙不能歸諸科學預言的範圍之內。這都是難免錯誤的人的見解，或許可以對，也可以錯。不過，他們所說的都似乎很合理的確，他們的見解似乎很合理。各處的青年學生亦都作如是觀，以爲無窮盡的科學創造，如仍爲那班獨立推動世界大戰的人所支配，則未來的人民必較現世的人民，所受的災禍，更加嚴重。

但是，科學家卻無法停頓下來。無論他心願與否，似乎有一種不能控制的力量，逼他走向創造之路。若是世界誤解和錯用他所貢獻的事物，世界必會受到極大的損害！

魯彬生以爲在多數人的心目中「科學」是我們對於事物的知識，而不是對於人的知識。在最近以前，人的行爲就沒有受過科學詳細考驗也。『沒有一個知識的範圍，較此更多自負的武斷和自足的愚昧』。但若加以嚴格的批評，則人的行爲之研究將會形成如原子在化學變化中的活動之研究一般的科學。『任何事物，我們倘對之有所知，則關於此的精細嚴密之知識，均當在科學範圍之內。』在科學中，較發現還重要的是科學的心境。——一種不輕信任何事物和無有成見的審慎態度。魯彬生是時代前進的科學詮釋者。他寫道：『歸根的說，科學的心境不過是一種尋找事物根源的堅決奢望……它是智慧的別名。』可是在這個意義上說，智慧是少數人所特有的。多數『受過教育的』人簡直並不『聰敏』。有許多科學家毫不猶豫的——我的意思是說『出於自動的』——應用科學方法，做他們的實驗工作。但是，一遇着社會問題，他們個個都不應用科學方法了。一個新觀察的成功極少依賴其科學和歷史的聯想。『奇異的，在我們這個世界中，常有人深信真實是最高²⁰的效果。』這班人『切望一個極端精細而又準確的觀察，量度和陳述，與其他學者的態度迥然不同，他們對於信仰愛護的意旨，表示一種令人不快的冷淡情緒。他們不管所尋覓得

的是對的或錯的，是美的或醜的，有用或無用，安逸或痛苦。他們只問所探得的是不是事物真實發生的現象。」

我們受到了科學知識最深切的影響。若是我們仍讓那班不但是科學門外漢，而且更壞的是輕視科學和「科學態度」的人領導羣衆，豈是聰明的辦法？這班人——執掌權威的人——都是統制者。他們有權發號施令，什麼是應該教的，什麼是應該講的，爲掩護過失與愚昧起見，他們告訴我們說，允許「羣衆」（或青年）用大公無私的頭腦，思考重要的事物，那是極不「安全」的。無怪乎我們教給青年人的歷史，都是曲解；講到美國歷史時，對於那班建國功臣的史實，不僅他們的成功，還有他們的失敗，敘述得極爲忠實的記載，每視爲不若曲解之得當。借用狄更生的語調說罷。爲什麼我們在未達到真理國土時，我們必須「用情緒深耕我們的腦海？」因爲一般民衆都被訓練到拒絕思想拒絕死亡一樣的程度。我們應該知道：只思想不生活，是一個不完全的生活，只生活不思想，那簡直不是生活。

第十四章 科學與生命：科學家與公民

駱逸斯博士 (Dr. W. A. Noyes) 是美國麥倫諾爾大學 (University of Illinois) 化學教授。他是一位卓越的化學家。他曾被選為美國化學學會會長。高斯委綏 (Galewchly) 以為研究科學的人，助長戰爭增加極大的破壞力量，故須特別負起責任。阻止以後的戰爭。駱逸斯和牛津科學家蘇德一樣，深受這句話的影響，為要對此有所貢獻，駱逸斯教授會利用他的休假時期，前往歐洲，與法德兩國科學家，交換關於政局的意見。這些談話的記錄，不過使我們加倍深信，在政治方面，多數科學家與羣衆並沒有什麼兩樣。

法國化學界的代表曼麗和慕侯 (Mouren) 二教授宣言：雖然一八七〇年亞爾薩斯和洛林 (Alsace and Lorraine) 兩省被奪，法國對德國並不會懷有惡意。德國則不然。她深思遠慮，一心一意想征服世界，獨自稱雄。所以她堅決的在一九一四年挑動戰爭。侵犯比利時的中立。蹂躪法比

兩國，九三位德國學者發表宣言，企圖破壞凡爾賽條約，祕密充實軍備，利用更換警士的方法訓練龐大軍隊的幹部，一切都在暴露德國的殘忍；不因戰敗和時勢而改變其精神。一個不僅造成極大錯誤，而且不承認錯誤，不知懺悔的國家，是不可信任的。這樣，法國不得不有大量的常備軍，更不得不消耗大批金錢。否則，這筆巨款不知可以作多少有益的建設。

曼麗博士所指摘德國民族者，對於德國科學家尤其適用。當大戰時，德國的科學家為德國軍隊的殘忍辯護。故曼麗指摘他們對於大戰及他們所創造的『集體精神』是直接負責的。

德國著名的化學家斐爾斯推特 (Willstater) 和斐蘭 (Wieland) 二教授對此種攻擊亦有所解答。他們相信法國之參戰，初意在想藉此奪回一八七〇年所失去的兩省。他們更相信法國曾極靈巧的利用其外交政策，首先拉攏俄國，隨後又拉攏英國。當德國發覺四週被敵人包圍時，她不得不起而自衛。而且大戰後，法國處處抱着仇視的態度，使德國不能再恢復。法國一心要強佔魯爾 (Ruhr) 和萊因河西岸一帶，要組織所謂萊因共和國，挑撥巴威路 (Bavaria) 脫離普魯士，分割剩餘的疆土等等。

論到德國科學家的態度，斐爾斯推特教授指出，在一九一四年秋季的 *Comptes Rendus* 中雖已有痛詆德國的文字，但德國的科學刊物中，則未曾有過此種痛詆。那時，敵國的科學機關竟在榮譽名單上劃去德國科學家的姓名，但德國化學學會卻未曾取消敵國化學家的姓名根據以上各點，斐爾斯推特教授極欲我們明瞭德國科學家始終沒有忘記他是一個科學家。

這些正反兩面的辯論，不必多提了。這無非是各自發洩其胸中的情緒而已。但是，一講到毒氣問題，法國的科學家，就深信德國的科學家，無置喙之餘地了。德國科學家提議將毒氣用入戰爭，其罪孽之深重，還有何事較此為更甚者？以惡毒的方法助長惡事，歷史上還有甚於此事者嗎？對於此種指斥，哈伯 (Haber) 教授亦曾有過答覆：這位教授，曾指揮過德國的化學戰役。從這樣極具權威的來源所得到的陳述，這還是第一次，所以我們不妨將他的話引在下面：

「在開戰之初，法國所用的武器中的確有裝有溴醋酸乙烷 (Bromacetic ester) (一種毒氣) 的來福鎗彈。自一九一四年八月一日至一九一五年四月二十二日，我們的腦海中常會興起法國有施用毒氣可能的恐怖。因為自開戰以來，敵人的報紙使我們深信法國在製造並且施放這

一類的戰鬪材料。我也曾搜集許多報紙上的材料，足證這類武器在敵人方面也已報告過。一九一五年二月，法國軍政部長發給士兵多種關於運用毒氣軍備的說明書。我自己就親眼看過這類說明書。既然毒氣的勝利是靠多量的應用，既然專賴炮火的力量是不夠的，我們不得不首創施放毒氣的方法。一九一五年四月二十二日，我們就在伊浦爾（Ypres）施放氯氣煙霧。」

法國化學家葛永揚（Grignard）對於這番話解答道：「關於毒氣的施用，我可以告訴你，法國政府並無這種材料的儲藏。雖巴黎警署有極少量溴醋酸乙烷，但這是用以制服盜賊或瘋人在室中拒捕的頑抗。我們絕對不能藉此應付戰爭。」

你將怎樣想？軍事化學研究所的先生們以為在戰爭中，施放毒氣是道德的。因為當施放時，毒氣僅暫時麻木多數戰鬪者，而被殺害的人只占極少數。這樣說來，諾貝爾獎金應該贈給哈伯或其他創用如此道德戰爭武器的人。這裏還有一個強有力的擁護者，美國化學學會會長，麻省（Mass）學藝學院有機化學教授諾里斯（Norris）博士，於一九二六年八月間在威廉市（Williams-town）政治學院演說道：「世界大戰中，因受毒氣致命的死亡率是 2%，因受別種武器而致命的

死亡率是 25%。至今，我還沒有聽見協約國或是中歐列強對此加以嚴厲的否認；也許這是近乎事實的。

駱逸斯教授企圖各國科學家重行團結起來是值得贊許的，不過，照我看來，他不會有什麼結果。其實，只要和平能夠維持一些時日，法、德兩國科學家會像普、法戰後一樣，漸漸親近起來；用不着駱逸斯一類的人勞神費力。若是一旦戰爭爆發，兩國的科學家一定又會鬧得不歡而散，像普、法戰爭和大戰時期一樣，彼此惡聲相斥。——就是有駱逸斯一類的人爲之奔走，也是徒然。所以，一九二六年八月，德、奧和布勒嘎利亞等國的科學家也都被請加入國際科學協會了。這個會是在凡爾賽條約簽定後，協約國科學家所組織的機關。他們從前曾經宣佈過，絕對不許中歐列強的科學家來加入此會的。同年，美國化學學會重又授予歐戰時曾被除名的幾位著名中歐化學家以名譽會員。當普、法戰爭時，亦復如此。大科學家巴斯特（Pasteur）曾於一八六八年在博恩大學（University of Bonn）受過醫學榮譽博士學位。一八七一年，他竟將這張文憑退還原校，並寫道：『看了這張羊皮紙，就討厭。』在別處，他又寫道：『此後，我將在每本著作的封面上加印『痛恨普魯士。』

報仇報仇！」等字樣。」他那頹老而可愛的心靈並且要想出一個報復的方法使法國啤酒超越德國的產品。

十九世紀末葉和今日的激烈國家主義在拿破崙時代還未深入人心。故當英法戰爭時，德斐竟因發明安全燈，受到法國政府的獎勵。同時與種痘故事永遠不能分開的勤納（Jenner）也被選為法國國家學院的通信會員。

引起戰爭的複雜動機駱逸斯和他的法德兩國化學同志全未看到。狄更生曾在一九〇四——一九一四年國際間的紊亂（一九二六）一文中，用科學方法將大戰的真實原由，分析得清清楚楚。在這方面，『外交術』曾大顯身手。藝術大家俾斯麥（Bismarck）曾將『外交術』精妙的概述如下：『一切政治學都可以歸納到這一個方式——當世界被五大強權之不穩定的均衡所把持時，乘早努力形成「三位一體」的政策。』當然，世界大戰爆發的直接理由是與太子（Archduke Ferdinand）被人暗殺。誰殺了奧太子？這個司法上的問題，竟成為屠殺無辜者的藉口。比如說，農人嘉爾（Karl）殺死了農人吉安（Jean）或者更糟的是，物理學家亞爾福勒祇（Alfred）

殺死了詩人亞爾布勒齊 (Albrecht) 湊巧，天生嘉爾是個法國人，吉安是個德國人，亞爾福勒祇是個奧國人，而亞爾布勒齊是個俄國人。因為不多不少的這一點原由——不是爲了個人的冤情，乃是爲了他們心中蘊藏的忿恨隨時隨地可以流露出來——嘉爾要殺害一個德國人，而亞爾福勒祇要殺害一個英國人。若是戰爭在一九〇一年就爆發了——這是很可能的事——英、德兩國也許會攜手聯盟，於是嘉爾和亞爾福勒祇當然勾結一起，共謀殺害吉安，或被吉安或費納祇密 (Vladimir) 所殺。

有一次，我問一個容易被引入歧途的空泛愛國志士，若是他（一個英國人）生成就是德國人，他將怎麼辦？他不假思索的答道：『像每個合理的德國人所做過的一樣——我將爲國効勞戰場。』隨後，他又想了一分鐘，接着說道：『但是，我決不會生成就是個德國人。』

一九一五年八月七日，作者在紐約時報 (New York Times) 上寫道：

『在這次戰爭中，我們看到了我們在平日以精細和公正態度考察一情景時所體會的艱難。在戰爭的頭十個月中，各國互相攻擊，都想將戰爭罪名加到某一國。德國人責備英國，英國人非難

德國。現在，我們可以借用羅傑爾 (Sir Roger de Coverley) 的方式來決斷一切：「兩方面各有各的理由。」我們不能說那一國有罪，因為一切參戰的國家都有罪。我們也不能說那一國無罪，因為沒有一國是無罪的。若是要定出一個比較的階級，我們就須探最壞，較壞，不壞，較好和最好五等。亞當斯女士 (Miss Addams) 曾將幾位精細的觀察者所見及的極公正的指出，謂各個參戰國的人民，都用同一的語調，為祖國辯護。若是在他們中間有正義的話，那正義也就分配得極其均勻了。

用戰爭不用法律解決糾紛，這種事實使我們不得不承認，人類雖然有無窮年歲的進化歷史，和二千年的基督精神。人還是一個未脫野蠻的人種。若是我們以『民衆』為『戰鬪者』，可怕的笑話告訴我們，戰爭從不會有利於任何戰鬪者。聖托雅樂 (Santayana) 說，沒有民衆打過勝仗。所有巨大戰爭的結果，不都證實了這話麼？

戰爭與和平的問題，不是不可解決的，但卻成爲世界上最難解的難題。蘇德以爲科學家所代表的事業，較諸一切政府所代表者及所爲者，尤其是國際間的事，更有意義，更爲重要。所以，科學家

的任務是在離去實驗室後，仍須繼續作科學化的思考。魯彬生在創造中的思想（Mind in the Making）和知識之人化（The Humanizing of Knowledge）二書中，希望科學精神能普及羣衆。作者卻堅決主張，科學精神必須首先發源於科學家本身，然後方爲他們廣播福祉。科學家必須明白，科學方法不僅適用於化學作用，而且可以適用於生活之各方面。若是這種觀念一旦培成，今後科學家與非科學家（包括實業家、外交家和政治家）的方法，其根本異同，即顯而易見。誠如是，則今日執掌世界權威的人，將沒有機會再行濫用光榮的科學發現和發明。至少，我們深信可以遙望這極不相容的兩派間將有一番死戰了。