

萬有文庫

第一集一千種

王雲五主編

電 子 論 淺 說

細普力著
陳章譯

商務印書館發行

電 子 論 淺 說

細 書 力 著
陳 章 製

百 科 小 叢 書

種 子 第 一
說 淺 論 子 電
著 力 普 細
譯 章 陳

路 山 寶 海 上
館 書 印 務 商 者 刷 印 兼 行 發

埠 各 及 海 上
館 書 印 務 商 所 行 發

版 初 月 四 年 九 十 國 民 華 中

究 必 印 翻 權 作 著 有 書 此

The Complete Library

Edited by

Y. W. WONG

THE A B C OF THE ELECTRON THEORY
OF MATTER

By

M. SHIPLEY

Translated by

CHEN CHANG

THE COMMERCIAL PRESS, LTD.

Shanghai, China

1930

All Rights Reserved

電子論淺說目錄

第一章	電子論之發軔	一
第二章	電子與電解	三
第三章	原子價與化合重之意義	七
第四章	電與電子	九
第五章	質量與惰性	一一
第六章	電子與原子之大小	一五
第七章	原子之結構	一九
第八章	電子之發現	二一
第九章	電子與以太	二六

第十章 質量與速率·····	三一
附錄 英文參考書目·····	三五

電子論淺說

第一章 電子論之發軔

電子論者，實自原子論推演而得也。一八〇七年，英國大化學家德斐 (Sir H. Davy) 氏首先倡論，謂各化學原子間相互吸引之力，以電爲本原，此說實爲電子論之嚆矢。而瑞典著名學家柏濟力阿斯 (J. J. Berzelius, 1779—1848) 氏發表電與化學關係之理論，與最近電子論，相差甚微。故其與德斐氏二人，實負有創始電子論之榮譽者也。數年後英國法拉第 (Michael Faraday) 發明電解（卽液體或溶液經電流通過後之化解）之定律，遂推想及電子之組織。厥後學者如赫爾姆霍斯 (Helmholtz, 1821—1894) 氏，馬克斯維耳 (Maxwell, 1831—1879) 氏，羅倫徹 (Lorentz) 氏，拉摩耳 (Larmor) 氏，大多爲解釋法拉第氏所觀察之現象，而陸續發表關於

電子之概念。

凡欲瞭解物質之電子理論，或欲明瞭近世物理學、化學、生物學等書中之原理，或欲解決生命之本原、發達及維持等問題者，至少必知最淺顯之電解原理而後可。故作者特於本書中略述之。本書雖從淺演述電子之理論，然猶不能不採用『離子』（ion）及『電荷』（charge）等名詞。此等名詞皆法拉第氏所發明，自此遂有『電子』為離子上所負『電荷』之概念。

第二章 電子與電解

化學試驗中，若以酸性物如硫酸，鹼性物如氫氧化鈉，中性物如氫化鈉溶解於水，即能通電。故是種化學品，名電解品 (electrolyte)。但物質如蒸溜水、糖、酒精等品，不能通導電流，故名非電解品 (non-electrolyte)。是以氫化鈉、鹽酸、氫氰化鈉，或硫酸銅之水溶液，極易通電。如以直流電導之通過，可使其化解。而如糖之水溶液（非電解品），則不化解，亦不通電。電解品之分子，經化解後分散為較小之粒，名離子 (ion)，意謂遊離不定；而非電解品，則並不分散為離子也。

電解現象，最初解釋之者，為阿里立厄斯 (Svante August Arrhenius) 氏，在一八八七年。其所持理論，稱為離子論 (Ionic theory)。此理論似能解釋所有電解遊散之現象。當氣體放射能力時，如銑或陰極線，或其他相類作用中，因發現遊離之事實，與電子論至有關係，但非本篇所能詳述者。

在溶液中，欲使物質分子發生電解，可將二片金屬，外面通連發電機，然後浸入溶液。該二種金屬，即稱爲電極（electrode）。電流所先經而入溶液者，謂之正極（anode）。電流由溶液出而經過之者，謂之負極（cathode）。當二極所接之電源，其電壓足使一勻靜電流通過，則化學作用，即起於正負二極之上。例如鹽酸（ HCl ）溶液中之電解，氫分子荷正電，即被吸至負極。而氯分子荷負電，即被吸至正極。蓋異性相吸，同性相拒，理當然也。又如食鹽，化學成分爲氯及鈉，前者爲黃臭毒氣體，後者爲毒性金屬。假如將其少許溶於水中，頃刻之間，食鹽溶解，似化烏有。實則遊散爲荷正電之鈉離子，及荷負電之氯離子。在此種狀態中，並無化學作用發生，其性爲中立。但若以直流電導之通過此溶液，則鈉離子之正電荷，立刻爲負極之負電抵消。如是荷正電之鈉離子，加上負電後，成爲中立離子，於是與圍繞負極之水，成化學作用，變成鹼性氫氧化鈉。同時氯離子一遇正極，其負電荷亦爲抵消。於是此氯離子既喪失其電荷，即成中立，而雙雙氯原子，即成爲氯分子，在正極旁成泡而出矣。

由上觀之，所宜鄭重解釋者，乃凡一中立原子或分子，得到或失去一電子（即負電荷），即爲

荷電離子。反言之，離子者，乃一箇或一羣之荷電原子。有電荷存在之原子，即成離子，性質盡變。譬如氫原子，可以分解水，與荷正電之氫合併，而釋放荷負電之氫。氫離子則不然。在水中自由行動，不使水分解。又如氫原子，在前已見與本質雙雙變為氫分子。而氫離子，則因所負電荷相同，互相拒抗。離子所有電荷至強，其能力供給較中立性之原子自巨，於是各種物質之性，亦視能力供給之鉅細而異。

吾人自前數節解說，而知在任何電解品溶液中，所有荷負電之離子，趨向正極而行。所有荷正電之離子，趨向負極而行。此等離子之行動，即所以成此溶液中電之流動。適如電子之流動於一銅線上。不過此以電解溶液，代彼銅線耳。此在溶液中電流之方向，往往假定為正離子行動之方向，此方向與電子行動之方向，適為相反，而與外路正電流進正極之方向相同。

普通言之，在一溶液中，起電化作用時，所有各種離子，均盡力於引導電流。但每種離子，其引導電流之量，自電極至溶液，或反是，與其數目，其荷電量，及其速度為正比例。實則止少數或一種離子活動其間。此種離子，即為在該情況中最易取得或舍去一電子。溶液與電極之互相交換電子，即成

所謂電化作用。當一電解品之溶解於水中，並非所有分子，均為遊離。而所有遊離分子，均取得或舍去一或多數電子，因而荷電。凡一中立性原子，舍去一電子，與取得一正電荷，結果相同。電極表面上之化學變化，無非一羣離子，取得或舍去電子之結果。在該化學作用中，每一離子有一、二、三、或四箇電子參與其間，視該離子所荷電量一、二、三、或四而定。

第三章 原子價與化合重之意義

每一離子，究帶若干電荷，係乎其合併能力。易言之，即原子價是。原子價者，即他種原子與相合併之數。氫原子，作為價之標準。例如在每一鹽酸分子，有氫原子及氯原子各一，為互相合併關係之最簡單氫。故上述各原質之價均為一，名為單價原質。每一離子所荷電量為一電子，又如每一氫原子與二者原子合併，而為一水分子。故氫之價為二，謂之雙價原質。又如酒精（ C_2H_5O ），每分子為一氫原子，與三氫原子合組而成。故氫之價為三，或稱三價原質。又如沼氣（ CH_4 ），為一碳原子，與四氫原子合品而成。故碳之價為四，又稱四價原質。總言之，價者乃氫原子與其他各原質每箇原子合併之數。在電解併內，每一離子所帶電荷，與其數適相等。是可見價與每箇原子荷電量關係之切也。

化學上尚有一重要名字，即化合重是也。化合重者，乃各種物品起化合作用之需要重量。每一原質欲起化合作用，其重量有一定之比重。假定吾人將此等重量，成為比例，而以某原質為標準，則

此任何原質合重，不論在何種化合物必相同。此種合重之審定方法，爲決定某原質須用若干部份重量以聯合或掉換一部份之氫（氫之化合重爲一）爲其標準。

上節既述價與化合重之定義，由此可進而述法拉第電解律。化學試驗中，曾斷定凡一電化作用，包含一某種物質之化合重，則需要電之數量皆同。每一原子帶領一固定之電量（此電量等於一電子所有），或此固定數之整倍。倍之多少，視該原質之價而定。電量之單位，係絕對單位，不能加減一部份，須是整個的加減。是以一電子所有電量，乃是電之原始單位，猶原質之原子也。

關於電之原始單位，與原子之關係之理論，德人赫爾姆霍斯氏倡之於一八八一年，根據於法拉第氏之電解試驗。一八三三年法拉第氏之電解律，可述之如下：『當電流通過一純粹金屬品，及一純粹電解品之相交處，化學變化，必然發生。其分量數，若以各物質之化合重爲單位，則與電流之數量適爲正比例。而與他種情形，全不相關。』用以變化一化合重之電量，名爲一個法拉第（註一）以紀念法拉第氏發明之功。此數曾經屢次精密試計確定。

（註一）此單位法拉第（faraday）與電容量（capacity）之單位法拉特（farad）不同，讀者勿誤會。

第四章 電與電子

吾人所常稱之電流 (current)，實則指電子循導體而流之現象。蓋以電子乃爲電之原始單位，或可稱爲電之原子 (atom of electricity)。但原質之原子謂之物質，而電之原子，並非如常意之原質。卽原子之中心正電子 (protons)，亦非物質。因嚴格言之，物質之存在，至少有一電子向一正電子環繞而行。例如氫氣爲宇宙間最輕之原子。一正電子居中，一電子向之環繞行動。故在氫原子，正電子與電子本身單箇言之，不成物質，當電子環繞正電子而行，遂成物質。

宇宙中八十七種原子（依週期律共有九十二種，八十七種爲已發現者），其成分亦無非電子與正電子二種，有如氫氣然。是以依電子論而言，氣體如氫或氦，其成分與硫，碳，銦，金等之原子，固無絲毫之異，所差者電子之數耳。

但上述電子不卽是物質之論，亦非無反對之者。其說謂電子固爲電荷之最小單位，然無須視

爲非物質的。蓋如果電子非物質的，則必爲玄妙的；然物理學者，非玄學者，玄學者從不計量物之重輕，亦不測定其大小，而電子確會稱過量過。密列堪（Dr. Robert A. Millikan）氏之言曰：稱此類行動於導體之電子，爲確定有質之物，乃至公正之言。美國霍布金司（John Hopkins）大學教授羅蘭德（H. A. Rowland, 1848—1901）氏於一八七六年，證明電流無非成串之電荷之行動。譬如一盞弧光燈，所經過之電，亦無非此確定可數的電子，在燈絲上行動而已。

又如密列堪氏言：『物質惟一之顯著特性，爲惰性。』普通物質之有質量，無非其所含各電子之電磁質量。此說首倡者爲拉摩耳氏。

第五章 質量與惰性

惰性或質量，嘗稱爲一種物質獨有之特性。例如一物在休靜的狀態中，非加外力，不能使之行動。一物在行動狀態中，非加外力，不能使之減緩或增速。此種特性，謂之惰性。凡讀過初等物理學書者，類能言之。因物品之重量與質量成正比例，故質量或惰性，昔稱爲物質等量。在一八八一年，湯姆遜氏試驗證實電荷亦有惰性，而密列堪氏遂謂電流乃一確定的物質的，細胞的，在導體上進行之物，其立說非無根據者。

電既有惰性，自有質量。因電子雖爲電磁性，而自靜止狀態以至動作狀態，或反是，須消耗工能（energy）。電子既富有此物質惟一顯著之性質，則其爲物質，自無疑義。但質量及惰性與工能，實爲相通。在物理學上可以表示 9×10^{10} （註II）爾格（erg）（註III）之工能，與一格蘭姆之質量，實爲相等。密列堪氏於其著作『電子』中描寫電子之微細，及凡一電之現象包含電子數量之衆多，

殊足駭人。其言曰：『在一平常十六枝燭光之電燈絲，每秒鐘所經過之電子數，設有二百五十萬人，專事點數，每秒鐘點二箇電子，夜以繼日，片刻不停，須二萬年始能畢事。』據大學教授索岱氏之計算，一箇普通十安培之弧光電燈，於二小時四十分時間內，電子經過之數為 7×10^{23} 。蓋其體積之微，與數量之衆，實非意想能及者。

在金屬品物，有一部份電子，行動較爲容易，故稱導體。然在其兩端間無電位之差 (Difference of potential)，電子仍不能行動，電流無由發生。有如水管或氣管，進口之壓力，必須高於出口之壓力，水或氣方能流動於其間。雖一則可見，一則不見，其原理實相同也。又如二氣囊，一則壓力較高，一則較低，以一管通連之，則高壓力囊之氣，必流入低壓力囊，直至二囊之壓力相等爲止。以故電位 (potential) 表明電荷之壓力，電子雖衆多，若無電位之差，不能自一方行動至彼方，理固當然。

電流經過導體以後，增高溫度。乃因各箇電子流動迅速，與金屬原子，互相激撞所致。在一電位之差，電流之強弱，視金屬之性質及溫度而異。電流與後者之關係相反，即溫度減低電流力反強，至絕對零度 (註四) 時，則電流之強爲無窮矣。

當電子之在導體流動，自一原子而至又一原子，不獨發生電流如上述。且發生一磁場 (magnetic field)，包含磁力線。此類磁力線，圍繞導體，而與電流之進行方向成垂直。不論此導體之電流係一方向之正電流或又一方向之負電流，其磁力線之方向，及性質相同。即使一箇電子行動，亦能發生磁場於其路途之四週。

正電 (或稱陽電) 及負電 (或稱陰電) 二名詞，為電學家佛蘭克林 (Benjamin Franklin) 氏於一七五六年時，首先使用。當時電之性質，假定為一種液體，其於導體上流動，有如水之流動於管中。物體而包含電液過於其定量者，為荷正電。少於其定量者為荷負電。物質摩擦生電，久為人所知。例如持一塊玻璃與一塊綢料，互相摩擦，則發電而互吸。而玻璃與玻璃，綢料與綢料，則互相拒。於是物理學者，又因之提倡其二液理論。蓋以為電有兩種，一為正電，或稱陽電，以名玻璃所生之電；一為負電，或稱陰電，以名綢料所生之電。在弗蘭克林氏時代，直至最近，電流進行之方向，假定為所稱「正」電所趨之路。但自電子論發明以來，吾人已明知電流係負電，即電子行動之結果，適與以前假定相反。而為便利習慣起見，至今未改，而電流方向之定義，遂為電之真正方向之反，雖不合於理，

要亦爲習慣所纏耳。

(註二) 凡數值過大，若各位全寫，將太繁雜。有用「正指數」者。如 $3,000,000,000$ ，則簡爲 3×10^9 。意謂 10 字自乘 9 次也。故 $10^2 \parallel 1, 10^4 \parallel 10, 10^6 \parallel 100, 10^8 \parallel 10,000$ 。依此類推。

(註三) 愛格 (e.g.) 爲 C. G. S. 單位制中之工能或能力單位。即等於一達因 (dyne) 之力，經過一生的米達之距離。而達因則爲力，能用於一格蘭姆之物量一秒鐘，生出加速率每秒鐘一生的米達。凡讀過初等物理學者類能明之。

(註四) 絕對溫度之零度，爲攝氏溫度計零度以下二百七十三度，或書作 -273°C 。

第六章 電子與原子之大小

讀者至此，已粗知電子論之大概。必將問及電子與原子各箇，及相互之式樣，大小，及重量。電子之式樣何若，以其至微，無法證明。故至今無能作答者。其大小則尚有許多意見之參差。假定電子果如多數物理學者之意而爲球形，則其直徑，當然不能大過 $\frac{1}{8}, 000, 000, 000, 000$ 英吋，或者較此尙小若干。換言之，至少有 $5, 000, 000, 000, 000$ 箇電子，緊接排列，方有一英吋之長度。

首先測定電子之質量（重量），爲密列堪氏所用者，爲一特製之電力天平秤。能測至微細之物量，如 $\frac{1}{2}, 000, 000, 000, 000$ 密力格蘭姆（Milligram），而每密力格蘭姆，約及三千分之一兩，其微可知。每一電子之電荷爲 4.77×10^{-10} （註五）靜電單位，與 9.01×10^{-28} 格蘭姆之質量相等。

每箇電子之重量，比較每一氫原子約輕一八四五倍，即 1.662×10^{-24} 格蘭姆，約小於最小之

香粉屑（屑之重量，惟最精密之天平可以稱之）一萬萬萬倍。達爾俾氏計算吾人體中所含之電子，可以 10^{31} 一數表示之。

據學者之言，原子重量，包含該原子內所有居中心正電子，及環繞而行之電子。且每一格蘭姆重量之物品，其包含電子數，永為 6.05×10^{23} 。吾人現知地球之重量，若用格蘭姆計算，為 5.984×10^{27} 。此數若乘以每格蘭姆所含電子之數，則吾人得全地球所有電子數為 $6.05 \times 10^{23} \times 5.984 \times 10^{27} = 36.2 \times 10^{50}$ 。

美國刺得福 (Rutherford) 氏從原子之重量，計算其大小，其結果為平均每原子之直徑（在其活動範圍以內），為萬萬分之一生的米達。而一電子之直徑，假定為圓球體為 10^{-13} 生的米達，其中心約為 10^{-13} 生的米達。五百萬之氦原子（除氫外，氦為最輕之原子）可排列於文中句讀之點之直徑。每一立方生的米達，在普通壓力與溫度之內，氦原子數為 2.57×10^{19} 。據密蘭教授之估計，每一立方生的米達容量之水，其原子數約為 3×10^{23} 。但全太陽系所有之原子數，約為 6×10^{23} 。而在此數中，約九九·八六%，全在太陽本身。其餘〇·一四%，則分為行星，彗星，隕星，及衛星等所有。

亦可見太陽本身，與其行星之比較矣。

以上所論，尙未及分子之數量。分子者，乃各物品最小之部份，而不失其性質者之謂。在一立方吋之空氣，所包含之分子數爲 43×10^{17} 。普通氣體原質之分子，包含二原子，如氫氮之類。而在其他原質，如銻及鋅，一分子卽爲一原子。磷則四原子成一分子。硫則每分子原子數或爲二，或爲六，或爲八，視溫度而異。

各原子所成之分子，大概相差不遠，而各種化合物之分子，例如澱粉，有時較水之分子大，不知若干倍。但爲切近事實而言，平均分子，其直徑小於 $\frac{1}{25}, 000, 000$ 吋。氫之原子，爲各原子之最小者，約十萬倍於電子。蓋爲萬萬分之一吋。每一水滴，與其原子之大小比例，宛如地球之比棒球。此爲物理學家坎斯托克 (Comstock) 氏及特蘭 (Troland) 氏二人所得之結論。從熱漲系數 (coefficient of expansion) 之計算，學者信各原子之大小，與其原子重量有關係，例如鈾原子 (原子重量 238.2) 之直徑，較氫原子 (原子重量 1.008) 大二倍半。

有人曾估量，謂一尖銳之針頭，約可容六百萬氫原子。宇宙最大之原子爲鈾 (uranium) 但

以一人髮之截面直徑，尙能容百萬鈾原子。至於氫之正電子之直徑，究爲多少，尙未切實測定。而其必在 $\frac{1}{2}, 000, 000, 000, 000$ 吋左右，乃可以斷定者。一箇平均分子之直徑，例如肥皂所結之泡，其厚度薄於百萬分之三吋，而其分子之直徑，尙小二三十倍。不林（Perrin）教授曾量過最薄之油膜，約及五千萬分之一吋，而試驗結果，此薄層尙及二分子之直徑。從此可見油之分子直徑約爲萬萬分之一。據索岱教授之結論，顯微鏡中所見最微之點，尙有分子數百萬以上。

（註五）凡數值過微，不將小數點以下各位完全寫出，而用「負指數」。例如 0.0000001 ，則簡寫 10^{-7} 。意謂共有七位小數。故 $10^{-1} = 0.1, 10^{-2} = 0.01, 10^{-3} = 0.001, 10^{-4} = 0.0001$ 餘依此類推。

第七章 原子之結構

近代物理學者，以爲氫原子之結構，猶如宇宙之太陽系。太陽有如原子中心之正電子，其餘八大行星，有如八箇荷負電之電子，向中心環繞運行於圓形或橢圓形之軌道。假如氫原子，共有行星狀之電子及太陽狀之中心正電子各一，其負電子之本體與其繞行之軌道，有如地球在海王星軌道之環行。海王星爲太陽系中最遠之行星，其軌道離太陽爲 $3,000,000,000$ 哩，但太陽較地球大 $1,300,000$ 倍，而氫之中心正電子，未見其較大負於電子，且有信其較小者，此其不相同者也。

複雜結構之原子如太陽系。簡單結構之氫原子，包含負電子及正電各一，恰如地球之與月球。蓋月球環繞地球而運行，正似負電子之環繞中心正電子而運行也。於此可見原子大部均爲真空空間，而正電子與負電子運行軌道之距離，適如太陽之各行星，及各行星相互間之距離。所異者，在太陽系中，每一軌道止一行星於其上運行，永不他去。而在原子結構中，往往有電子多箇（有多至

（入筒者）運行其上成一聯串者。不特此也，此等類如行星之電子，並不固定於本軌道上運行，往往越至他軌道。而在此移越之時，或放射或吸收能力，因之而發生所謂光波、熱波、及無線電波於四週空間矣。此理論與蒲郎克（Planck）氏之光之量子論（quantum theory of light）相符合。能子論之主張，凡能力自一振盪之原子或電子向外輻射，此能力為一種單位，謂之能子（quanta）。

第八章 電子之發現

一八七七年時，美國放射表之發明者，抽氣筒之改進者，克魯克司（Sir William Crookes，1832—1919）氏移其目光於電荷經過真空之現象。當時所用之儀器爲一個真空管（後名爲克魯克司氏管 Crookestube）管中之空氣盡量抽出，其壓力約爲 10^{-7} 之大氣壓力。若將電流上通，真空管之負極，即發現所謂負極光線。此等放射，不論正極之在何位置，其方向爲垂直於負極之表面。且如光之由直線進行，使玻璃管發強烈之光。克魯克司氏之試驗並非首創。因普勒刻（Plücker）氏早已說過：當一感應圈所發電流，經過一真空管，即發強光之現象，並發現此種負極光線，受磁石勢力之支配而折離常軌。喜托夫（Hittorf）氏則發現若將物件置在負極與發光處之間，則生影響如普通光然。而克魯克司氏則又進而試驗若將負極改變爲凹式表面，所發之光線，可以集於一焦點。假若以鉑一小塊，置於此焦點上面，鉑即發紅熱，或竟鎔化，可見其力之強。克魯克

司氏又以此種光線，使其驅趕小輪於玻璃軌道上，稱之爲『鐵路管』(railway tube)。又發現若以金鋼石或寶石，置於此種光線之途中，此等鑽石表現極強麗反射光線。克魯克司氏之試驗而外，最引人注意者，爲其對於以上種種現象之解釋。克魯克司氏向來不顧他人陳舊之議論，而惟真理是務。故敢斷然倡議是種負極光線，放射物質的小份子之言論。并謂其所以被磁場之折向，因此種物質的小分子，俱荷有負電之故。克魯克司氏又以此種光線，雖稱物質的，然非尋常物質氣體液體固體所能代表，因謂之『物質之第四體』(a fourth state of matter)。其與氣體之不同，有如氣體之異於液體，液體之異於固體。蓋其性質，迥非氣液固三體物質所能比擬，而宛然爲獨一不二之新體也。

負極光線不同氣體，既如上述。而近世學者之意見，以爲導體中之負電子，其動作狀態，又在與氣體分子相仿，故著名物理學者湯姆孫(J. J. Thomson)氏之言曰：『是種荷電微子，不論如何發生，或何處發現，其性質皆相同。負電子在極低壓力下爲氣體，故其結構亦似氣體，特以微子代分子耳。此種初稱之負電液，極似氣體的流質，其結構爲微子而非分子的而已。』

克魯克司氏之意，不論是類光線所射出物之結構及性質若何，人類已於此得到自古搜覓不着之宇宙最終原物。因其假定是種光線，係連串的，微渺的，不能分裂的，最原始的物質單位。或卽生命之起源。且進而發揮之曰：『物質實不過電之一種方式，』與刺利（Lord Kelvin）氏之說，前後輝映。蓋電與物質之關係，至此始大白也。

世界學者，因克魯克司氏之負極光線學說而爭議是非者，幾十九年。至一八九七年，德國韋脫（E. Weichert）教授，英國劍橋大學湯姆孫教授，各有獨立之發現，斷定是種玄妙光線性質之方法。其試驗結論，均如克魯克司氏所預料。謂是種放射包含聯串之荷負電之微子，其運行速率，有每秒鐘10,000至100,000英里，視所加於真空管電壓高低價值而定。

尚有克魯克司氏其他預言二句，或已實驗，或尚在實驗途中。其一謂：所稱原子，並非爲真正原始而純一者（homogenous），但爲混合物（mixtures）。其二謂：較重之原子，實爲較輕之原子凝結及併合而成，其終點均爲一種名原始純質（prototype）者所成。其第一預言已爲放射物體之分裂現象，及劍橋大學試驗室阿斯吞（Dr. F. W. Aston）氏用正極光（positive-ray）測光帶

器 (spectrograph) 所得之質量光帶 (mass spectrum) 證明無誤。其第二預言，謂各種原子，皆為一種原始物質所成，漸為世所信奉而無疑矣。

主張原子論最力之喜金斯 (Higgins) 及道爾頓 (Dalton) 二氏，自以原子為物質原始不可分之單位，而不知德斐 (1778—1829) 氏、普牢特 (William Prout, 1785—1850) 氏、法拉第 (1791—1867) 氏早已疑及此種假定。最小之微子，或有用化學或物理學方法化解之可能。一八一五年，英國普牢特博士倡言所謂原子，均為氫氣原子造成。當時此理論似與事實不符，但至近年日見其真。杜馬 (Dumas, 1800—1844) 氏之意，明謂原始物質必為氫氣原子之半，或為四分之一。格累謨 (Graham) 氏於一八六三年建議，謂各種物質或各種原子，皆為一種單位份子所成。其所以性質不同，因其份子在內運行境況不同。各箇微子，或合或離，遂成萬千不同之物質。

氫氣原子包含一箇負電子，及一箇中心正電子，實為各種結構較複雜原子之本。此為現代一般物理學者所信任。所有外表運行之負電子，已斷定各各相同，毫末無異。故假定其中心正電子，亦為各各相同，毫末無異，蓋非武斷可比矣。

二箇負電子被二箇中心正電子吸住，在外軌運行，即成一氦原子。所有之八十七種原子，皆從此逐步加負電子及正電子於其上而成。若以一氫原子（包含七箇負電子與七箇正電荷聚成的一箇正電子）分裂，則一箇氦原子脫離而出，其中所含之氫原子爲氫原子及其他各原子之根本，居於中心，不受絲毫影響。此爲刺得福氏試驗證明之點。是以吾人可於今日，至少在未得相反理論或事實發現以前，斷定氫原子爲各種原子之惟一原始之原子。而克魯克司氏之負極光線（既爲電子）與正電子，實爲宇宙原始物質，爲古代希臘哲學家如退利斯（Thales），亞諾芝曼德（Anaximander），亞諾芝民勒斯（Anaximenes）及赫拉頤利圖斯（Heraclitus）諸氏所終身求之不得者也。

上述種種，著者未嘗不念及特異事實，如氫氣均無水之性質，而仍以 H_2O 符號表明此液體。意則謂氫氣，雖與水之性質完全不同，然確爲水分子分解後之原子。有如電子或電，雖未嘗與物質或物量相同，然其爲物質分裂後之原始成分，正遙遙相對。可見理化界未開闢之境界，尙大有餘地也。

第九章 電子與以太

以太存否之理論，至今尚在爭辯中。設有問光與電之現象，吾人可否以磁力線理論以代以太者，則坎柏爾（Campbell氏）之答語曰：『可用磁力線以解說光之現象，猶用液體電說以解說電流之運行。若吾人能以電解說光之現象，則是說必能解說一般電的現象。磁力線所有之性質，已證明其波浪震動，可以由之運行，則光波當然亦可藉之運行傳導。以太之說，蓋大可不必也。』而斯泰因麥茲氏亦同聲而和之。以爲以太存在於全空間，無質不入之假定，殊無根據。至於電子爲以太震動之結果，而爲凡有能力之所藏，更無理由。其言曰：『電學之研究交流電電磁場等等，至今已臻發達之境，固未嘗需要媒介物若以太者解釋也。不論電磁波之結構何若，當然非物質單純橫波。光既爲高週率之電磁波，自非以太之震動波浪。於是以太之說，隨昔日之火質（Piston）（註六）及其他陳腐謬說，不攻自破矣。力場（或稱之爲能力場）之說，正可以代以太之存在。光線及電磁波

(如無線電台或電力傳導線所發之波)止是空間依時而變化之電磁力場，其不同之點，全在週率之異，能力實爲惟一之存在物。此是人類主觀所及，吾人知覺得以證明者也。」

倫敦英王專科學校教授理查孫 (O. W. Richardson) 氏則曰：『有時若非將以太之說棄去，往往欲得一合理之說，解釋一種現象，爲不可能之事。』又曰：『各種光的效驗之是否真由於物質與以太相互運行之結果，絕無實驗可以證明。於是以太學說之是否必需以解釋光、電、傳導之現象，殊爲問題。或者竟除去以太之說，單以物質相互運行之結果，較能合理而易明瞭也。』冉納 (H. Jarnet) 氏爲現代物理數學專家，與上列諸氏意見相同。謂電與光各種現象，未嘗暗示吾人以以太之存在；而以太之存在，用任何精密試驗，從未偵得。

由此以觀，吾人現代之物理學叢著，似已拋棄以太存在之學說。於是更無庸研究電子如何由以太發生。以太而不存在，所存在者爲電磁場之磁力線或磁能力。磁能力者，祇是能力儲蓄於空間之一種情形，而施效力於其能及之物質耳。

推翻以太學說者之言，既如上述。而擁護之者，過去與現代學者中，亦不乏人。以太富有電性質

之觀念，倡之甚早。一八四六年，德國物理學家韋柏（W. E. Weber）氏在討論法拉第氏之發現，於其電磁研究文稿中，即曰：『所有正負電荷互相吸拒之間之空間，俱爲以太所佔。此種以太，即爲包含及傳導發光之波浪。』即美國物理學家亨利（Joseph Henry, 1797—1878）氏亦主此說。

當代學者之願棄以太學說者更在少數。衆意以爲此雖不可見不可聞不可覺之以太，不特爲電磁波傳導之媒介物，亦且爲能力之所在，宇宙之所寄。電子與電子間，原子與原子間，吸引抵拒，無不以太爲之媒介。英國洛治爵士（Sir Oliver Lodge）嘗表示其意見，謂電子與以太關係，異常密切，因其互相吸引而抵拒。換言之，正電子與負電子之間，有一吸力，使之相近。同時使同電荷者相離，而此力不論其爲吸引或抵拒，必用以太以爲中間媒介。『不特此也，吾人知凡以太動作，即爲磁場所繞。磁場者，即爲以太之變動，此變動離中心而伸張至極遠距離，由此事實知凡一行動電荷有二個力場，其一向各方向散射，謂之電場。其二圍繞動作之直線，向外成圈散出，謂之磁場。此磁場即所以使電荷有惰性，即除非有外界勢力所阻，必繼續運行之性質也。』湯姆孫（Sir Joseph Thomson）氏根據此物質成分之理，曾曰：『物體之一部分質量，即爲以太之質量，爲力線（line

of force) 或稱法拉第管 (Faraday's tube) 所牽曳，此種力線在原子中，緊張於正負電荷之間。故物質之質量，即爲圍繞四週以太之質量……質量爲以太之質量，動能 (kinetic energy) 爲以太之動能。此觀念之成立，非假定以太之密度，較任何宇宙物質爲高不可。』

諸學者又詔示吾人，謂以太乃宇宙獨一之真正固體。而在此非物質的物質，宏大的宇宙間，星辰日月，轉動於其間，其速度自每分鐘三哩以至每分鐘數百哩之巨。以太反絲毫不受擾亂。因照湯姆孫氏所言：『吾人所稱爲物質，實爲宇宙間最不堅實之物。』其他物理學者，亦謂物質之所以能於以太中行動，無毫末阻力者，極易解釋。蓋所稱物質，實全是孔隙，宛如鳥籠然。不論鐵、鋁、木、石等等，實爲相距甚開之分子，而分子又爲原子所組成。此等原子與原子間之距離，又甚大。各原子如踞於三量數之鉛絲籠罩之角中。而原子本身又爲更微小之電子組成，此等電子繞原子中心，有如天空行星之繞日而行。故原子之運行於以太中，不擾其靜止狀態者，猶如全太陽系之以每分鐘十二又半英哩之速率，於以太中向天琴 (Lyra) 及武仙 (Hercules) 二星座而行，若不虞其衝撞者。

洛治氏爲表解電磁動作起見，描寫以太之結構，有如機械工藝中之齒輪。又云『以太爲宇宙

間最昂大之物。』而同時又假定其彈性較空氣大七十萬倍，更難想像也。

以太之玄妙，既如上述。而當今大科學家，明白立說，謂以太造成電子。電子造成萬物。日光爲電子射出，卽如吾人所坐之椅，所食之穀米，所居之屋宇，何莫非億兆萬千電子所成。吾人之身體，地球，空氣，水，行星，彗星，等等，何物能軼出此範圍之中。而最奇者，在人類智識見解中，電子止爲負電荷以太中之特出者耳。當坎（Duncan）教授謂『電子並非物質之分子，而有物質之性質。』故吾人之坐於椅上，實坐在負電子與正電子之集合體，而戴着物質的假面具之上也。著名化學家阿斯特瓦德（William Ostwald）氏並發極端之議論，稱『物質之存在，實無絲毫佐證。可見吾人所知之能力與物質，純係假定，故意臆造，使能力有所寄託耳。』

（註六）近古學者，不知燃燒現象爲氟化，以爲凡燃燒必有一種物質名 *phlogiston* 者，出始成燃燒。當時化學界爲此爭辯甚力，厥後氟化之說定，此說始戢。

第十章 質量與速率

一八八一年，湯姆孫教授證明電荷之有惰性或質量。著名數學物理專家亞伯拉罕（Max Abraham）教授亦為最初研究電子是否包含物質之一人。其着眼點在證明其外表質量（apparent mass）是否因其運動而得。氏以數學證明其是。故按照此說，電子之質量，當與速度同增。

考富曼（Kaufmann）氏於一九〇六年，以試驗證明電子之俟其速度趨近每秒鐘三十萬公里之時，其表面質量，激增甚速，可以下列數目明之。

設電子之表面質量於低速率時為一，則速率每秒鐘二十二萬公里，表面質量為一·三二。速率每秒鐘二十四萬公里，表面質量為一·五三。速率每秒鐘二十六萬公里，表面質量為一·七八。速率每秒鐘二十八萬八千公里，表面質量為二·四四。速率每秒鐘二十九萬七千公里，表面質量為三·一六。上列各數目之意義，及質量與能力之定義，均可從索岱氏著作物質與能力書中，下列

一段文字瞭解之。

「當一電子爲外力驅使，而自靜止以至動作，在其運行之路徑四週，成立一極強之磁場。電子所有之能力，除克制其惰性以外，復向空間流出，散射至極遠距離。當電子被外力減低其速率，自運行以至靜止，其能力亦藉惰性而返諸電子。於是四週空間之磁場，趨於細微，卒至烏有。吾人知此種磁場，擴至該電磁鐵四週極遠之境，能力之忽進忽出，自電子以至空間，及反是，週而復始。能力一部分即由之傳導至遼遠之地。空氣及其他物質，並不爲之媒介，可見純在空間進行。而以太理論之發明，最初無非欲以表明能力在空間如何能傳導，至今日則以太爲空間傳導能力之媒介，夫人而知之矣。」

然索岱教授又以爲「以太並非如一般人所謂乃哲學上一種玄虛之名。蓋其至少有一特性，使之有稱爲物理的真實（physical reality）。此特性維何，乃其以每秒鐘十八萬六千英哩之速率以傳導光波，及其他藉之以運行之勢力，如電磁波、熱波等等之特性。恰如空氣之以每秒鐘千二百英呎之速率傳導聲波，爲空氣之特性也。」

至於究竟有否此種傳導光波及他種藉以運行之勢力，如電磁波、熱波等之以太存在，科學家意見尚不一致。電磁波之有傳導速率，與光波同，固無疑義。但馬克斯維耳氏以數學，赫芝 (Hertz) 氏以試驗，先後證明電磁波與光波，所有性質，毫無二致。所不同者，在波長耳。斯泰因麥茲氏於其逝前數月演講曰：『光爲電磁波，卽一高週率之交流電磁場，而非以太之行動。』意至堅決。

電子 (electron) 一詞，其始正與以太相同，爲一純粹數學名詞，藉以解釋一類不能瞭然之電磁現象。觀下述一例，可以明之。同一磁力能生極大影響於鐵，而不能生於銅，爲久已彰明之事實。設以一小鐵片，引近一永久磁鐵，則此小鐵片，被吸引而有前趨之傾向。設易一銅片，則無此現象。實則磁力場，仍如前之圍繞銅片，而銅片卻不受其支配。假若復以一鐵片介於前二片之間，則吸引之力又增。若易以銅片，則仍無影響。除非銅片在內轉動，又當別論。此種特別現象，若非假定一種理論，實不易解答之。羅倫徹教授遂發起假定各物質中，含有至微至小之電荷微子，或稱電子。此種電子，假定有二種。一爲正電，一爲負電。在導體中，此等電子可以行動自如。在非導體或絕緣體中，正負相抵，處於平衡狀態。羅倫徹氏早見及此種電子之有質量或惰性，全因其電荷之故。

厄力奧特 (Hugh Elliot) 氏以爲能力爲物質之本，蓋非高深理論。因所稱各種放射能力，在電磁理論言之，既極真切，而又非物質的。其言曰：『近代物理學之趨向，大有消除物質與能力之界限。宇宙已非如前之專被二種特性所控制。物質與能力，祇是電子之表現不同方式。世界各種現象根基，歸結必到物質與能力二者。否則卽是正負電荷。而正負電荷之絕端相反，較物質與能力之相反，易爲一般人物所瞭解。其實二者同類生存於世，遵守同樣規律，於中立環境中，其效驗復相同。於此吾人已得各種學問之統一，而達到古今哲學家所研討之目的矣。』

一九二〇年，美國科學協會 (National Academy of Sciences) 開會於華盛頓，蘭繆耳 (Irving Langmuir) 氏宣示其對於以太、電磁、能力、時間、空間之新論。物質至近代分爲分子、原子、與電子。而蘭繆耳氏又進而謂尙有一小於電子之單位，名爲 *quantel* 者，無所不在，無堅不入，速率與光波同，其卽聲、光、熱、電以及各種能力表現之源歟？氏又云『時間與空間，其結構與物質頗相類。』其言更玄。宜乎恩斯坦 (Einstein) 氏之以爲吾道不孤矣！

附錄 英文參考書目

1. "Experimental Researches in Electricity" by Michael Faraday.
2. "Theory of Ionization of Gases" by J. S. Townsend.
3. "The Mystery of Matter and Energy" by Dr. Abbert C. Crehore, New York, 1917.
4. "Beyond the Atom" by Dr. John Cox. Cambridge University Press, 1913.
5. "Atoms" by Prof. Perrui Jeans, Authorized English Translation by D. L. Ham-
mick. London, 1923.
6. "Matter and Energy" by Prof. Frederick Soddy. London and New York, 1912.
7. "The Theory of Spectra and Atomic Constitution" by Prof. Niels Bohr. Cam-
bridge University Press, 1922.
8. "The Origin and Development of the Quantum Theory" by Prof. Max Planck.

Oxford, 1922.

9. "The Chemistry of the Radio Elements" by Prof. Frederick Soddy. 1911-1914.
10. "ROLE of Positive Electricity and Their Application to Chemical Analysis" by Sir J. J. Thomson. London, 1914.
11. "THE Electron Theory of Matter" by Prof. O. W. Richardson. Cambridge University Press, 1914.
12. "Within the Atom" by John Mills. New York.
13. "The Electron" by Dr. Robert A. Millikan. Chicago University Press.
14. "Radioactive Substance and Their Radiations" by Prof. Sir Ernest Rutherford. New York, 1914.
15. "The Theory of Electrons" by Dr. H. A. Lorentz. 1904.

