

政治大學圖書館



A090471

國立政治大學圖書館典藏
由國家圖書館數位化



中華文庫

初中第一集

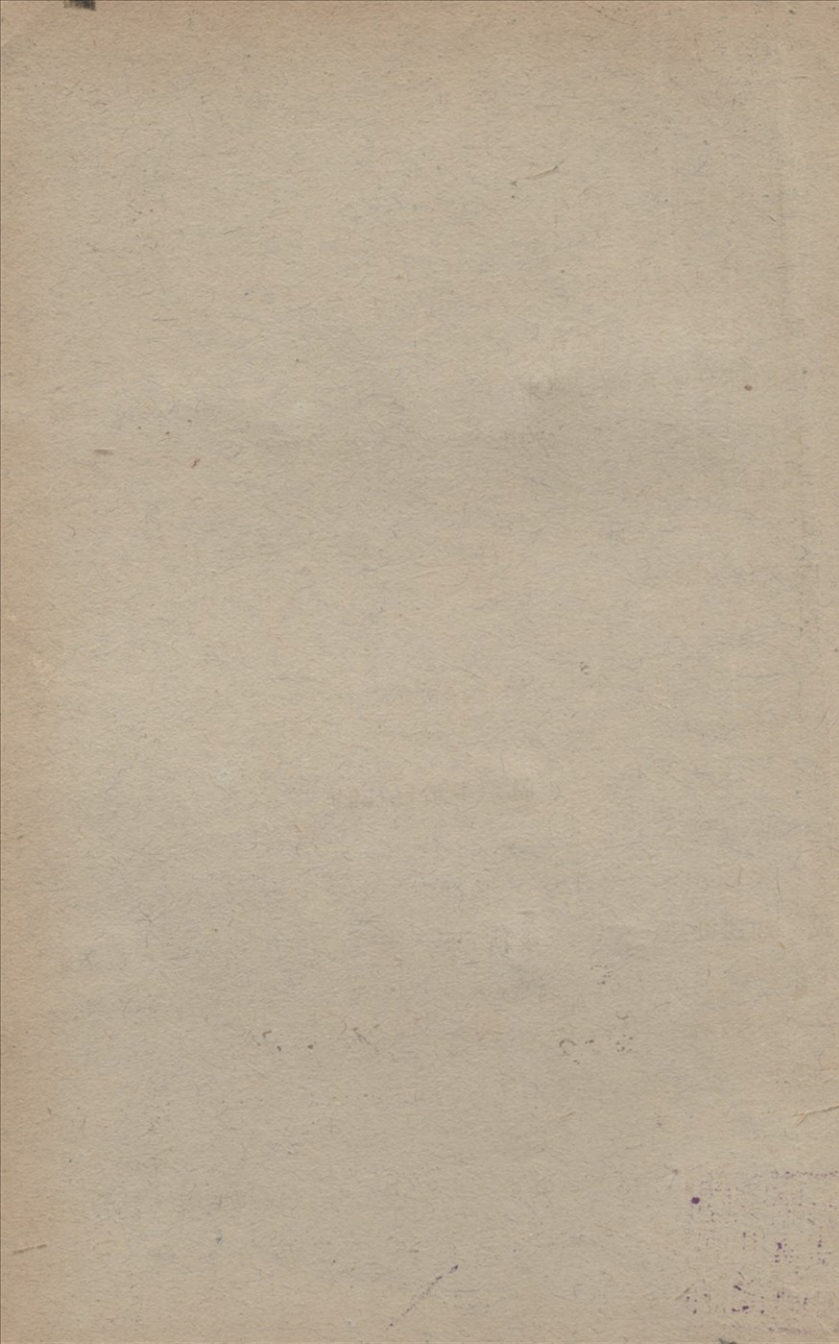
化學小史

吳瑞年 編
徐子威



中華書局印行





弁 言

化學史是記述過去關於化學科學研究的事蹟的，在表面看來，似乎和我們現在學習化學，並無什麼關係。但是過去是現在的前身，也就是將來的遠因，現在的事實，和將來的發展，都和過去有線索相承的關係。從進化論來說，生物是逐漸演變而進化的；但是一種學問，也是依時代逐漸進步的。謬誤的學說和思想，都逐漸淘汰，而成立了正確的理論，就好像是“物競天擇，適者生存”的原理。所以我們讀化學史，有二個目的：

(一)稽古證今 就是探究過去研究的事蹟，以證驗現在學理的來源。

(二)繼往開來 就是本於已往研究的基點，以開發將來新理的創造。

尤其是第二個目的，是推進人類文化的重要因素。舉例說：如週期律，就是以後新元素發現的淵源；苯胺紫，就是近來染料、醫藥製造的先河。從前的科學，是在大自然界中尋求真理，現在的科學，要創造新生來改變自然的環境。那末過去的史蹟，就是扶助這種創造力的先導。

化學史，雖然是文化史中的一部分，但是千餘年來化學家對於化學科學的研究，其史蹟的繁多已是“浩如煙海，罄竹難書”了。所以史書的編定，一重整理，治蕪雜而歸系統，二重

090471

選擇，去糟粕而存精華，把有關文化演進的資料，組織成爲有體系的史書。但化學小史的性質，和化學史不同，在資料收集上，既不能盡量取完備而詳密的態度，在史實的鋪敘上，也不能採艱深而枯燥的方式。同時爲着要合於初中程度的範圍，受着篇幅的限制，所以本書編定的時候，採取下列兩個目標：

(一)偏重有關化學演進的史蹟；

(二)注意增高閱讀興趣的資料。

史蹟是已定的事實，史書的記載，必有所本，故本書從他書所採取的材料，鮮加竄改，藉存原來面目。體例則採取“本末”，以一中心問題爲章節，使初學化學者，藉以明瞭學理演進的順序。

本書倉卒編述，很多遺誤的地方，倘蒙讀者加以指正，是深所感幸的。

吳瑞年 徐子威 誌於滬濱。

化學小史

目 錄

上編 哲學化學的發源

第一章 火	1
第一節 火的神話	1
第二節 火的保存	2
第三節 火的生法	3
第四節 火的學說	4
第五節 燃素說的種子	6
第六節 燃素說的謬論	8
第二章 金	11
第一節 鍊金術的發源	11
第二節 鍊金術的興盛	12
第三節 鍊金家的方法	14
第四節 鍊金術士的趣事	15
第五節 著名的鍊金家	17
第三章 藥	19

第一節	醫藥化學的興起	19
第二節	醫藥化學的貢獻	20
第三節	哲學化學的功罪	22

中編 科學化學的建設

第一章	氣	25
第一節	氣體的認識	25
第二節	空氣的研究	26
第三節	氣體的先鋒	28
第四節	毒空氣和可燃空氣	29
第五節	氧的發現	30
第六節	燃素說的崩潰	35
第二章	量	38
第一節	物質不滅的詩	38
第二節	定比定律的爭論	39
第三節	原子學說	40
第四節	倍比定律	41
第五節	調和爭執的分子說	43
第六節	分子量和原子量的測定	45

第三章 記號	49
第一節 元素的符號.....	49
第二節 化學式的紊亂.....	51
第三節 結構式的夢.....	53
第四章 電	56
第一節 電流的魔力.....	56
第二節 人的發現.....	58
第三節 電解定律.....	60
第四節 電離學說.....	62
第五章 元素	64
第一節 元素的種類.....	64
第二節 週期律的先導.....	66
第三節 週期律的預言.....	69
第四節 元素發現的慘事.....	72
第五節 一封有趣的信.....	73
第六節 晚出的惰氣.....	74

下編 近代化學的進展

第一章 應用化學的興盛	77
--------------------------	----

第一節	煤焦油的子孫.....	77
第二節	纖維素的新用途.....	79
第三節	橡皮的改造.....	81
第四節	炸藥的罪惡.....	83
第二章	化學革命.....	86
第一節	放射性元素的發現.....	86
第二節	原子的蛻變.....	89

本 書 參 考 書 籍

化學小史

上編 哲學化學的發源

第一章 火

第一節 火的神話

火，是一種化學現象，在有史以前的人類看來，認為最可奇怪的東西，所以在古代遺傳下來的化學史蹟中，當以火的記載為最早，而在近代化學發展史中，也要算最有關係的了。最初的火，從什麼地方來的？這個問題，在各地方的民族間，多流傳着各種不同的帶有神祕色彩的故事。在澳洲的土人間，就有三個神話：一是說最初獲得的火，是由一個黑人的漢子從一條繩子上，爬到太陽中偷盜來的；另一說，火最初是屬於兩個婦女佔有的，一個男子為欲有火，引誘這兩個婦女掉轉身去，偷了來的；第三個說，那時有一個叫做鷺杜爾加的鶴鳥，嫁給叫做古納爾的袋鼠，鷺杜爾加無事摩擦兩條棒，發現了生火的祕密，他們帶着火棒在袋中，在林莽中被別族人發現，遂為里愛爾加的鵬偷去了。在許多關於火的故事中，要算希臘的傳說，是最有意義了。根據希臘詩人赫錫奧特 (Hesiod) 的神統記 (Theogony) 上說：“普羅米撒斯 (Prometheus) 偷竊無

遠勿屈常明的火，藏在一條茴香空桿中”。這種茴香桿子，直到現在仍像古代一樣，在希臘人被用作帶火的器具。但普羅米撒斯究竟從什麼地方盜得了火呢？有些人說是從羣神的首領叫宙斯（Zeus）的神台上，有些人說他是用他的杖對太陽燃着了火的。當時宙斯因為人類罪惡重多，想把人類毀滅，而另產生一個新的和較善良的人種，於是使世界發生洪水，普羅米撒斯憐惜當時的人類，因此把火偷給人類。他因為這種行動，觸犯了宙斯的怒，把他鎖在高加索山峯的一座岩石上，受着殘酷的痛苦呢。這種故事，從希臘時代起一直到現在，常為許多詩人歌詠的題材。

第二節 火的保存

人類在不曾知道使用火和生火的方法以前，一定早就看見火的。雷電的閃耀，和火山的爆發，這是自然界發生的火。所以人類最初的火，或許來自火山的噴發，或源於電閃的雷擊，比較近於情理。裏海西岸巴庫（Baku）附近的石油礦噴出口的天然火，在有史以前早已燃着了。亞諾爾特（A. Arnold）在1875年，到巴庫遊歷，在他的遊記裏說：“我們從巴庫行十二俄里，來到世界上一座最古的神壇，其上猶燃着天然的祭火，蘇拉干尼（Surakhani）或者就是世上最古崇拜物存在的地方。”這裏可知道火的來源，和古代人崇拜火的原因了。

人民知道用火的時期，比較知道生火的時期要早得多，人

類的火，既然是偶然取得的，則保存火使它永久不滅，是人們惟一的方法。因為一旦熄滅了，要再獲得或生起來，就得經過非常的勞苦和麻煩，所以在原始人時代，盜火的風氣非常盛行。於是火就被當作神靈的東西一樣，奉在神殿裏保護它。像在波斯的拜火教的神殿裏，用莊嚴的儀式，保護那永劫不滅的神火。就是古代各民族間，在每一部落裏也建築公屋，不分晝夜，保護着公火，在希臘詩人荷馬(Homer)的奧德賽(Odyssey)中，就說到一個男子，在一個孤寂的高原草棚中，小心地保持了火灰的燃熾，這樣他們就可以不到很遠的野外去尋覓火種了。就是現在佛教寺院裏神像的前面，高懸着一個常明燈，以及祭壇上點起蠟燭和香，這都是表示古代遺傳下來視火爲神靈，和保存火種的明證。

第三節 火的生法

據考古學家的意見，在五萬年前非洲北部的原始人，已經知道生火的方法，大概是用燧石，黃鐵礦放在乾枯的草裏，摩擦而發生，這是未可盡信的一種傳說。但從可考的歷史記載，古代生火的方法，大概有三種：(一)鑽木取火；(二)擊石取火；(三)用凸透鏡自日光取火。三者之中，當以第一種起源最古，中國上古史有燧人氏教民鑽木取火的記載。在羅馬的廟院裏，燃着的聖火，用童貞女尼來看守它，不讓它熄滅。有下列的記載，可證明鑽木取火的起源：

『社稷神 (Vesta) 前之火，若是熄滅了，女尼必受鞭撻，新火係用鑽鑽入一吉祥的木塊內而取得的 (Festus Val Max)。』第二種擊石取火法，據亞微伯瑞 (Avebury) 的猜想，認為是上古時候人類鑿石製造石器時，發現爆發的火星，因而發明。現在還有些僻遠地方的人民，仍舊用鐵刀打擊燧石來取火的。至於第三種透鏡取火法，當然發現最遲，據希臘波盧塔克 (Plutarch) 的記載：

『希臘境內，各神廟均燃着永亮不滅之聖火，該火倘不經意而熄滅，則不得用普通火焰燃點，因為他們認為這種火有賣神明，必須自純潔日光內取得之火方可。彼等慣用一種透鏡，形如一個等腰三角之回轉形，能將各方光線集於一點，在日光之下，用這面凸透鏡將光線聚在焦點……任何質輕性乾而能燃燒之物，如置於鏡下，感受了日光之熱力，便立即燃燒。』

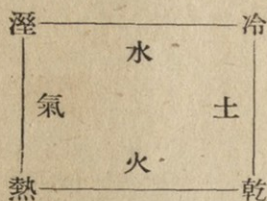
近來在秘魯的國裏，發現種種擦得極亮的硫化鐵製成的凹鏡，可證明從日光取火的方法，古代的秘魯人也好像運用過。

第四節 火的學說

火的作用，造成了古代人民對於物質組成思想的源泉。在古代的人當作火是極神秘的東西，看見有許多物質，經過火的燃燒以後，就只剩下一些細微的灰燼，於是對於火，便發生很多的理論。他們認為可燃燒的物質，在未燃燒前是混雜的，燃燒過後，則是單純的。赫留克利脫斯 (Heraclitus) (540—475

B. C.) 見到火的現象，是“變動不居”，認為火是一切物質的惟一元素，世界上的萬物，都是繼續的永變的，不信事物有真正的存在，如火一樣。

塞利斯(Thales of Miletus 624-554 B.C.)是哲學的始祖，首創存在於宇宙間的一切物質都是由水生成的學說，水為萬物之母，萬物皆生於水，皆歸於水。同時安耐西米尼(Anaximenes)主張空氣(Air)是一種原始物質，費勒奇特斯(Pherekides)却主張土是一種元素。和赫氏的火為元素之說，於是這時所謂元素，有了獨立的四個，就是水、火、氣、土。不過要知當日所稱的水、火、氣、土四元素，並非指四者實在的物質，乃是指四者所代表的品性。韋厄爾(William Whewell 1794—1866)有切當的話，說希臘人的化學分析，是分成幾個形容詞，而不是分成實在的物質。安培度克利斯(Empedocles 490—430 B. C.)乃集前人學說的大成，而始創水、火、氣、土的四元素學說，造成萬物的元素有四種，即第一是土，第二是水，第三是空氣，第四是火。一切物質，都是由這四種元素，因愛和惡 (love & hate) 的關係，以種種比例結合而成的。物質是不能消滅的，假使某一物質看去似乎沒有了，那不過是這四種元素的比例變動了。百餘年後的亞里士多德(Aristotle 紀元前 384—322)採用安氏的四元素說，但另立形和質的思想。認為同一原質，若具有不同之形，即為不同之物，於是有冷、熱、乾、濕四形，和水、火、土、氣四元素，配合呈下列的關係：



四元素學說，實在是火學說的一個支系，在波義耳 (Boyle) 著的“懷疑的化學家” (Sceptical Chemist) 一書裏，有一節引論：

『一塊濕木頭，若是把它放在煙囪內燃燒，它就分離而成四種元素，這四種元素，就是我們所討論的，可以說各種混合物都含有它們。那火焰中發出亮光，就是火的本身。在煙囪頂上出來的煙，混入空氣中而消滅，自然是空氣。——宛如江河流入大海，有了歸宿，水在木塊的兩端沸騰，發出吱吱之聲，這是世人最不易感覺的東西。所餘的灰燼，從它的重量和乾燥性看來，無疑的是屬於土元素的了。』

第五節 燃素說的種子

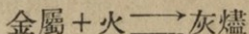
燃素學說，是在十八世紀繼承鍊金術之後，對於火的研究所發生的一種理論。這種學說，雖然是謬誤的思想，風行歷百餘年，許多大化學家咸始終爲其所束縛，以致阻礙化學的發展。但是要知道自有燃素學說以後，化學纔有第一次的系統，纔漸漸引進於科學的學問之途，故等到燃素學說一崩潰，化學遂

有一日千里的大進步了。

1607年法國醫生章烈(Jean Rey)根據藥劑師白魯恩(Bran)的實驗，發表下列的論見：

『嘗用 2 磅 6 兩的錫，放於鐵器中，在通風爐上強熱六小時，不斷攪之，但不加任何物於其中，居然得到二磅十三兩的白色爐灰，他詫異之下，很想知道這多出的七兩，是怎麼來的？』

1673年波義耳(Robert Boyle 1626—1691)重做這樣的實驗，用銅、錫、鐵、鉛、銀等金屬，放在密閉玻璃器中強熱，發現都增加了相當的重量，他認為是火質從玻璃隙入於瓶中，和瓶中的金屬相結合，造成新物質。於是 1674 年他有“使火和火焰固定而且可秤的新試驗”的論文，簡直認為金屬燃燒加重，是由於火的質量加上去的，就是



波義耳雖有這種錯誤的見解，但仍不失“化學的父親”(The Father of Chemistry)的稱譽。他對於化學有很大的功績，首以新精神輸入化學，故自波氏以後，化學乃不復為點金、製藥的附屬品，得在科學中獨樹一幟了。他嘗發表下列的話，很影響當時學者的思想：

『我見世人之醉心化學的，捨製藥、點金外，無甚見解。我之對於化學，則不以醫生或術士之眼光觀之，而以哲學家之眼光觀之。』

『人苟視哲學的進步，重於一己名譽，則易使之恍然於下述的道理：人之所能效力於世界者，莫過於勤在試驗上做工夫。……在將所有要解決的一切現象，尙未悉心觀察以前，不要成立學說。』

因爲波義耳是很有名的理化大家，他的關於金屬燃燒的謬誤學說，其所影響的也就很大，就此播種了“燃素說”的種子。這種錯誤的理論，在其後百餘年間，深深地印入化學家的腦子裏，以極大的勢力，侵入化學界，使化學的進展，爲之延遲了數十年。

第六節 燃素說的謬論

燃素的觀念，是德國的柏秋（Johann Joachim Becher 1635—82）創始的，但是倡創這**燃素學說**的始祖，多認爲是他的弟子史太爾（George Ernest Stahl 1660—1734）。他說：

『一切可燃物體，都含有燃素的成分，在燃燒的時候，放出來。』

這是燃素學說的基礎觀念，據索爾泊（Edward Thorpe）的話，來引伸它的意義：

『一塊木頭可以燃着，一塊石頭則不能，爲什麼呢？史太爾說；因爲木頭含有特別要素，石頭却沒有。煤、炭、蠟、油、磷、硫——簡而言之，所有一切可燃物體——都含有這個公共要素。這要素，我認爲是實在物質，我叫作**燃素**或**火質**。

(Phlogiston)。於是我認所有的可燃物體，都是化合物，其中一個成分就是燃素。……當一物體燃燒時，燃素分離出來，並且所有燃燒現象——熱、光、火焰——都是因為驅逐燃素的劇烈現象——燃素為一切化學變化的根本，化學反應，乃燃素作用的種種表現。』

史太爾說：『金屬是燃素和灰的化合物，燃燒就是可燃體分離為燃素和其他成分的現象。』波義耳也嘗說過，硫是硫酸和一元素所成，這個元素，他叫作“火質”(fire matter)，史太爾的所謂燃素，似乎就是波義耳的“火質”，但是他們兩人的觀念恰好相反。

波義耳：金屬 + 火質 = 灰燼

史太爾：金屬 - 燃素 = 灰燼

假使燃素是有一定重量的物質，照史氏的理論，則從一定重量的金屬逃出去，那麼剩下來的灰，

理應要輕些；但實際金屬燃燒所成的灰，還要重些。這是很顯明的事，要勉強通過這燃素學說，就非得使燃素成為有負數重量的東西不可了。

這種謬誤的燃素學說，在十七和十八世紀，風行極盛。當時的化學家，多受着這種學說的薰染，未能有革命性的創



圖1 史太爾

造，豎起科學的化學的旗幟。如以分析泉水著名的霍夫孟 (F. Hoffmann 1660—1742)，倡導化學親和力學說的部爾哈孚 (H. Boerhave 1668—1738)，和發現甜菜中含有蔗糖的馬格拉夫 (A. S. Marggraf 1707—82) 是三個傑出信仰燃素說的角色。首先排成愛力表的紀夫拉 (Geoffroy 1672—1731)，指出鹽是酸和鹽基的加成物的盧挨勒 (Rouelle 1703—1770)，號稱分析化學的始祖的白格門 (T. O. Bergman 1735—1784)，以及發現氯的社勒 (K. W. Scheele 1742—89)，都受着燃素學說的迷惑。

人類是很奇妙的動物，一度踏入了迷途，就很不容易醒悟。當我們解答試驗問題的時候，最初若有不正確的思想，浮在腦海裏，無論到什麼地方，它總在糾纏着，總努力想什麼法子去牽強附會它。燃素有負數的重量，是沒有意義的。但到後來發現輕氣的時候，看見這種氣體比空氣輕，把它盛滿了這氣體的袋子，會冉冉地向空中上昇；又看見能和炭一樣地從金屬灰中生燦爛的金屬，就以爲這纔是真正的燃素。這種奇妙的學說，竟能給人們信以爲真，歷百年之久，是多麼可怪呢？

第二章 金

第一節 鍊金術的發源

鍊金術的發源很古，已不易考據了。考化學的名稱，英文是 Chemistry；法文是 Chimie；德文是 Chemie；都是從一個古字來的：拉丁字的 Chemia；希臘字的 Chamia；埃及字的 Chéma。這字的原義是黑的意思，因為埃及的土壤是黑色的緣故。考紀元前五千年的時候，有古代的埃及人，懷着許多藝術從南阿剌伯那邊來居住於埃及尼羅河的三角洲。他們已達到了高度的文明，他們的化學工藝，已很發達。金屬的冶金術、染色法、製造陶瓷器、玻璃、琺瑯，以及醫藥、防腐劑和肥皂等技術，都已發明了。尤其著名的，是製造金銀的裝飾品和器具，並且能用金抽成細絲，展成薄葉來做鑲金和刺繡的材料。於是在化學一字之前，加上阿剌伯文的定冠詞 Al，就成 Alchemy 一名詞，意思是指的埃及的藝術。後來這字演變為鍊金術，乃成鍊金術為惟一化學的意義了。

古代史上的金屬，只有七種：金、銀、銅、鐵、錫、鉛和汞。當時許多天文學家，把太陽、月和金、木、水、火、土五個行星，奉為守護人類的七神。恰巧金屬也是七種，因此把七種金屬各象徵着一種神，就用本來表示七種星神的記號，來代表七種金屬。

在那時候，七種金屬中以金銀為最珍重，而尤以黃金為最

完全的東西。因為除去金銀以外的五種金屬，都能由於某種原因，而改變為別的形狀。這好像是金屬生了疾病，於是他們要將這下等的金屬醫好，使成為完全的金、銀，鍊金術大概就是基於這種觀念所發生的。這雖是一種荒唐的思想，把鍊金術被用到“製造金銀”的錯誤目的之下。但是另一方面看來，也不無理由。鍊金術也是一種化學變化的學術，化學變化是可把一種物質，變換為別一種物質的，密陀僧既可變為鉛，硃砂可變為水銀，銅綠可變為銅，怎見得別種金屬便無法變為黃金呢？這在當時人看來，這種見解，當然不是絕對的玄想。但從現代的放射性的學說來說，鐳可變為氦、氫，最後變為鉛，那末由別的金屬變成黃金，也已成爲理想上可能的事體了。不過那時鍊金家的思想不正當，方法不合理，且彼此保守秘密，託諸神靈之說，是不足爲訓的。

第二節 鍊金術的興盛

鍊金術在十三到十五世紀，是最興盛時期。這因中世紀歐洲各國商業逐漸發達，要想擴大營業範圍，非得有大量金銀不可，所以當時各國的王侯，都委任“宮廷鍊金術士”(Court alchemy)以鍊金的方法，謀充裕國帑。“上有好者，下必甚焉”，於是鍊金術學會，一時風起雲湧。各國一面僱用鍊金術士，求變鐵為黃金的方法；更鑄造贖幣，行使國外。據說這時歐洲的市場上，充滿了假的金幣。贖幣的製造，一天多似一天，鍊

金術的狂潮，也一天大似一天，不曾製造價幣的國家，認爲假金幣的混亂，是由這班鍊金術士播弄出來的。於是 1404 年當英王亨利第四在位的時候，曾通過一件法令，不可採用人工方法來製造金銀，違者科罰重罪，這件法令，以後在 1689 年又頒布一次。

鍊金術大約是在第八世紀起始的。從第八世紀到十六世紀，羅馬政權操於教皇之手，中間七八百年，乃歐洲宗教勢力極盛時代，也就是鍊金術極盛時代。許多教主和牧師自己就是鍊金術家。羅馬教皇約翰第二十二 (Pope John XXII)，且在他的皇宮裏設一鍊金試驗室。不過教皇也有反對鍊金術的，當教皇利奧第一 (Leo I) 的時候，有一個鍊金術士送他一本鍊金術的著作，他接到以後，便在一隻空錢袋上，寫了“多造黃金，裝滿錢袋”一類詞句，請他自造，作爲回敬的禮物。

當時歐洲各國的皇帝，很有許多和鍊金術有密切的關係，英國的亨利第六 (Henry VI)，和愛德華第四 (Edward IV)，法國的查理第七 (Charles VII) 和查理第九 (Charles IX)，丹麥的克利斯欽 (Christian IV)，瑞典的查理第十二 (Charles XII)，和普魯士的福利得力克第一及第二 (Frederic I & II)，都是著名的鍊金術信徒。

英皇亨利第六要算最熱中於黃金夢者，他曾四次下諭獎勵“改變物質的技藝”。一四四五年第一次委命屈拉福特 (Edmund de Trafford) 和阿舍通 (Thomas Asheton) 兩個軍人負責造

金。十年之後，又第二次任命綢緞商二人，雜貨商二人，金器匠二人，布商一人和補藥秘方保管官吏等，合組一個委員會，擔任督造黃金事宜。翌年又委命福士壁 (John Fauceby)，柯克壁 (John Kirkeby)，和朗尼 (John Rany 等人造金，下諭官員軍民特別保護。一四五六年又下諭組織第四次督察改變金屬委員會，任命市參議員一人，魚商一人，雜貨商二人，牧師二人，皇后御醫阿脫克利佛 (Thomas Atclyffe)，和聖勞楞斯 學院校長蕭普 (Henry Sharp) 等為委員，以監視前次委員會的活動。這些人當然不會有成就的。

德皇羅多爾夫第二非常相信鍊金術，他的財產的大部分，都消費於鍊金術的研究，他的宮裏時常擁擠着大批的鍊金術士。其中有叫約翰德 (John Day) 的，說能實驗鍊金術，進呈御覽，在德皇的面前實驗，但實際上他以催眠術催眠德皇，騙得了許多的獎賞，逃到英國去。及至德皇明白了是假的，約翰德已逃走了。

第三節 鍊金家的方法

當時的鍊金術士，雖沈迷於發財的夢想，專心於法術的研究，但終像暗地裏瞎摸一樣，幹些糊塗的試驗。大家相信金屬可有各異的純潔程度，黃金也有純和不純，欲使它純潔，必須加上一種藥品。鍊金術士以為賤金屬正熔的時候，若將“藥品”投入其中，即可使之變為貴金。這種藥品，在當時有許多

名稱，而以哲人石 (The Philosopher's Stone) 爲最著名。且把這種藥品分爲三等：初等的，祇能使賤金稍變而不耐久；中等的，能變一部分；高等的，方能使賤金完全變成金。而且據說這種哲人石，有意想不到的效力，不僅能把賤金變成黃金；吃下去還能增進健康，延年益壽，返老還童。若給愚蠢的人吃了，可以變爲聰明；鷄皮鶴髮的老婦人吃了，可以變爲明眸皓齒的少女。但是這種哲人石始終未曾發現，所以鍊金術是當時術士的一種夢想，是一種欺騙世人的勾當。原來在十二世紀以前，鍊金術家只說金屬有變換的可能，而不說它的方法。到十三世紀以後，大家始重視方法，哲人石之說，因之出現，這是後人不及前人聰明的地方。蓋鍊金術所以風靡一世，正在其不可捉摸，令人不知其葫蘆裏賣的是什麼藥。哲人石是理想上的東西，實際上既無存在之可言，自然講不到它的製法。如果真能製得哲人石，不費力地“點鐵成金”，“點石成金”，勢必黃金猶如糞土，反又不值一錢了。不過鍊金家的工作，在化學發展史上，也有相當的功績，因爲他們在悠久的歲月中，拚命努力，在其間所經過的實驗過程中，豐富了關於物質和物質間相互作用之際所起的變化和現象的知識，由此建立了化學的基礎。

第四節 鍊金術士的趣事

有許多鍊金術士用炫惑世人的鍊金術，來做發財揚名的工作，因此有很多有趣的故事流傳着。第九世紀阿剌伯有一個叫

刺塞斯(850—900)的，是巴格達特的醫生，他著有化學一卷，獻給國王，國王命他實驗來看。但他的實驗，竟不幸沒有完全成功，國王生氣，用鞭子抽他的面部，他因此瞎了一隻眼睛。一五八〇年薩克森選舉官的侍醫霸特爾(Beuttler)偶然覓得配製哲人石的祕方，便被來比錫(Leipzig)的刑庭拘捕，以不忠於選舉官的罪名，判決用皮鞭痛打；以不願供出配製的方法，更判決截去手指兩個；又怕這種祕方傳到國外，所以最後又把他囚在監獄裏。斯密特爾(Schmieder)在他所著的鍊金術史上，敘述有一個叫利希好生(Richthausen)的，曾在普利哈(Prague)地方，獻給斐迪南王第三(Ferdinand III)以哲人石一哩，及利希好生去後，斐迪南便命人在他的面前從事實驗，結果把三磅水銀，化爲二磅十一兩的黃金。這塊黃金，後來曾製成一顆寶章，章的正面鑄了一位日神，頭戴光圈，手執神斧，足上生翼，作飛舞狀。寶章的背面彫刻幾個字，意思是『一六四八年元月十五日在普利哈城於威嚴的斐迪南王第三陛下面前所製成之神聖變形物。』一七二五年厄爾巴赫(Erbach)的伯爵夫人，曾設法維護一個私自打獵的嫌疑犯。這個犯人逃出法網以後，便把伯爵夫人所有銀器，都變成了金塊，以報她的恩義。金器匠並證明這些金塊並無雜質在內。後來伯爵向法庭上要求平分她妻子的財寶，結果被來比錫的法庭駁回。法官聲言這些金塊在未變前，既是屬於夫人的，那麼變過以後當然還是她的財產。

第五節 著名的鍊金家

鍊金術的發源很古，依鍊金家自承遠在太古諾亞 (Noah) 時代的洪水以前，這當然是不可信的謊話。即相傳鍊金術家所奉的始祖爲赫姆斯 (Hermes)，也是一個傳說不一的話。有人說赫姆斯是指希臘或埃及的智慧神，他曾把鍊金術的祕訣，刻在一塊翠玉上，把牠獻給希伯來人亞伯拉罕 (Abraham) 的妻子塞拉 (Sarah)，所以鍊金家稱鍊金術爲赫姆斯的藝術 (Hermatic art 或 Hermatics)，這也祇能認爲傳說。最早而最著名的鍊金家是第八世紀阿剌伯人賈博 (Geber或Jabir, 720—800)，他的歷史，多不可考；他的著作很多，實驗也很著名，嘗製成硫酸、硝酸、硝酸銀等藥品，又把硝酸和鹽酸混合製成王水，王水是因爲可溶解金屬之王的黃金而取名的。他首倡金屬說，認爲『金屬皆是水銀和硫黃的化合物，因牠們的比例不同，而生出金、銀、銅、鉛等種種金屬。』他的聲名，一直到十七世紀的數百年間，風靡全歐。

馬格勒斯 (Albertus Magnus 1193—1282) 是德國著名僧侶，他對於蒸餾、昇華，有特殊研究，首先說明辰砂可用昇華法取得，有很多關於鍊金術的著作，但據說多是後人託諸偽造的。

培根 (Roger Bacon 1214—84) 是英國的一個僧侶，嘗著有十八本的鍊金術書，他在旅行中從阿剌伯人得知中國火藥的配

製法，因而攜傳到英國的。

發楞丁 (Basil Valentine) 是十五世紀之末一個德國的僧侶，他的事蹟，也不可稽考。他的二十餘種著作中最重要的是“鎋之勝車” (Triumphal Car of Antimony) 是鍊金術文獻中最負盛名而可徵信的一部著作。詳述製取金屬鎋的方法，因此可證鎋是由他發現的。他嘗認定鹽為金屬成分之一，連汞和硫為三大元素。他不獨是鍊金術家，也是一個製藥化學家，被認做醫藥化學的始祖呢。

第三章 藥

第一節 醫藥化學的興起

人類有二個大慾望，一要富而有錢，二要壽而不死，古代的鍊金術和醫藥化學，就基於這種慾念下而發展起來的。在文藝復興時代，鍊金術逐漸衰替，於是醫藥化學遂隨之而興起了。古代治病多用植物，草根樹皮是主要藥品。阿拉伯人發明蒸餾法取得蒸餾水、植物的揮發油，和酒精，當作配藥之用。所以歐洲十五世紀以前所用的藥方，多從阿刺伯人得來，作為世代相傳的法子，仍脫不了鍊金家迷信和誤解的積習。鍊金兼可延壽的哲人石，和長生不老丹，都是當時所夢想祈求的。十四世紀的荷蘭都斯（Hollandus）有關於哲人石能使人延長壽命的話：

『將哲人石少許放入酒中，令病人服下，此酒的力量，便立時增大，能透入心臟，分佈到全身的汁液之內。待病人出汗以後，即覺力氣倍增，心胸泰然，不復有怠倦之感。倘病人每隔九日服此藥一劑，將有意想不到的效力，能使病人神氣奮發，恍若走進仙境似的。』

并且有人說：一個老年人吃了一粒哲人石，會把皺皮的面孔變為光潔白嫩，把斑白的頭髮變為黑色，把彎曲的脊背變為挺直，立顯返老還童的功效。這些不過是替所夢想的哲人石做宣傳而已。

發楞丁可說是醫藥化學家的始祖，他首先攻擊古代世傳的藥方，並主張化學的最大功用不在鍊金而在製藥。但建立醫藥化學最有功績的人，要算在發楞丁稍後的巴拉塞爾士 (Paracelsus, 1493-1541)，他是十六世紀中最有盛譽的一個瑞士人，嘗遊行歐洲各國。一五二六年在巴塞爾 (Basle) 大學做醫藥教授，第一次上講堂時，就把當時所最崇拜信仰的該楞 (Galen) 和亞惠森那 (Avicenna) 的醫書燒掉。他推廣發楞丁的汞、硫、鹽三元素之說，且認為人的身體也是這三元素所構成的。人在健康的時候，這三元素的配合量必在適當情況下，人之所以有病，乃三元素中必有其中之一為量不足所致。他首創用化學方法製藥，用金屬原料製藥，所以他醫病用藥，多採取無機鹽類。他聲言已覓得了長生不老丹 (The Elixir Vitae)，但他在四十八歲那年，竟染着熱病而死了。

第二節 醫藥化學的貢獻

醫藥化學家的功績，在乎從鍊金術勢力之下爭取解放，改變當時研究化學的思想，所以在醫藥化學的時期裏，有很多化學上的發現，化學乃得推進而入於科學研究的途徑。

阿格利科拉 (George Agricola 1490—1555) 本是德國的一個醫師，後來專門研究冶金和礦物學，著有金屬學 (De Re Metallica) 一書，備述冶煉金、銀、銅、汞、鐵、錫諸金屬的方法，可說是冶金的始祖呢。

范海蒙特 (Van Helmont 1577—1644) 是比利時的一個醫師，本為貴族，富有財產，但棄而業醫。嘗辨認胃液為酸性，膽汁為鹽基性，這兩樣不調和就要生病，可用酸性鹽或鹽基性鹽醫治之。他主張用水的沸點和冰點做寒暑表的溫度標準；用天秤為化學試驗的重要器械。否認硫、汞、鹽三元素之說，而認火是燃燒氣體的形象，並非物質。但獨認水是萬物的本原，這是根據他的有趣實驗所得的結論。他把五磅多重的柳樹，種在二百磅的泥土中，時常澆水，經過五年之後，剝去泥土來秤柳樹，樹重為一百六十九磅，而泥土仍舊是二百磅，這樹所增加的重量一百六十四磅，是從那裏來的呢？他認為是水變成的。現在知道了植物有光合作用，可見他的謬誤了。他首先提出氣體 (gas) 這個名詞，並發現二氧化碳和阿摩尼亞兩種氣體。

李伯外斯 (Libavious 1540—1616) 是德國人，發現四氯化錫，在萊頓 (Leyden) 大學創設歐洲第一個化學試驗室，一生的工作，大半是製造藥品。

西爾維阿斯 (Sylvius 1614—1672) 是荷蘭的醫學大家，首創身體中生活現象完全為化學作用之說，而認呼吸和燃燒是類似的現象，並發現血液中有動脈血和靜脈血的區別，且說明動脈血因和空氣（應該說氧氣，不過那時還沒有發現氧）相結合，故作紅色。

格勞勃 (Glauber 1604—1668) 是德國的工業化學家，嘗用各種酸和鹽基化合，製出許多種鹽類，尤其著名的，是用食鹽

和硫酸共熱製得的芒硝，現在仍稱格勞勃鹽“Glauber's salt”，就是紀念他介紹應用於醫藥上的原故。

第三節 哲學化學的功罪

古代的化學，是帶有神祕色彩和哲學思想的化學。鍊金術家和醫藥化學家費盡許多心機，做了許多實驗，目的是在開掘黃金，搜求長生不老丹藥，結果雖都遭到失敗，但發現了很多可寶貴的化學品和製造法，使後人得藉以推進化學的發展，這種功績，也是不可掩沒的。現在引法蘭西斯培根（Francis Bacon）對於鍊金術的功績所作確當而有趣的批評，來做結束吧：

鍊金術好比一個老的農夫對於兒子的恩典。當農夫快要死



圖2 范海蒙特(Helmont)



圖3/ 巴拉塞爾士(Paracelsus)

去的時候，他告訴他的兒子，說他在葡萄園裏已埋下了許多黃金留給他們。兒子們信以為真，待他們的父親死後，就去發掘，把園裏泥土全掘過了，終沒有發現黃金。但是葡萄樹四周的泥土都掘鬆了，結果使葡萄生長得特別豐美。

中編 科學化學的建設

第一章 氣

第一節 氣體的認識

氣體既沒有一定的容積，又沒有一定的形態，所以多不容易直接觀察而感覺到，因此在古代的人看起來，無怪要認為玄妙稱奇的東西了。在四元素學說裏，雖也有一種氣，但所指的氣，是渺茫而非實際的。首先提出氣體 (gas) 一字的人，是范海蒙特 (Van Helmont)，他認為下列五種情形：酒和麥的發酵；植物質和火的作用；火藥的爆發；木炭的燃燒；以及從天然穴洞放出；都有氣體發生。不過當時所知的氣體，好像已有氫、二氧化碳、二氧化硫和阿摩尼亞，都當作同是一種空氣。

氣體是不可捉摸的，它的存在就難於證明了。到一六四三年意大利人托利坵里 (E. Torricelli)

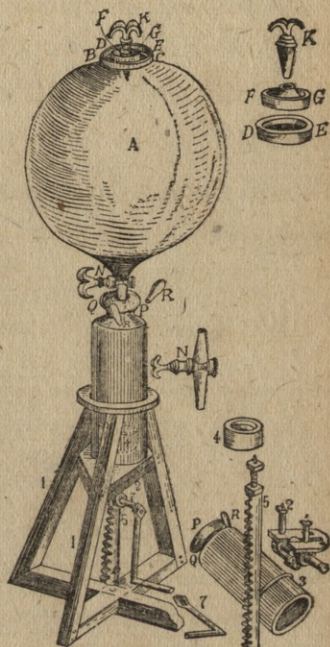


圖4 波義耳的抽氣機

用滿盛水銀的玻璃管，倒置在水銀槽裏，發明水銀氣壓計，纔證實了空氣的重量。後來一六五四年葛利克 (Guericke) 發明抽氣機；一六五九年波義耳又製成改良抽氣機，並發現把氣壓計裝在抽氣機的鐘罩內，當抽氣的時候，水銀逐漸低降，遂證實空氣的存在，且發表著名的波義耳定律。

第二節 空氣的研究

物體燃燒時，必需要空氣，是在很古就知道的。十三世紀培根嘗用杯子蓋上燃着的蠟燭，發見燭火會熄滅，因此他說：“空氣是火的食物”。後來波義耳也察得物質在密閉器中燃燒時，會減少空氣的容積。不過知道有氣體的存在，而不能捕集氣體，仍然難下研究的功夫。首先創出用水槽捕集氣體方法的人，是梅猷 (John Mayer 1645—1679)，他不但發明把瓶倒在水面上以收集氣體，並且根據瓶中水面的高下來測定氣體容積的增減。他嘗作下列的試驗：(1)燃燭和樟腦於水面上，而用瓶罩之；(2)置鼠於水面木板上，而用瓶罩之。結果都看見瓶內空氣的容積減少，因此發現空氣中有兩種不同的氣體：一種是可助燃和呼吸的；另一種是不可助燃和呼吸的。因為要更明白知道這兩種氣體的性質，他還有更有趣的試驗：(1)燃



圖5 燃燭於水面上，用瓶罩之

燭並置一小動物於玻罩內，則見燭先熄滅，動物隨後死去；(2)單放一小動物於玻罩內，而不燃燭，則動物生存的時間可以加倍；(3)先在玻罩內燃燭，等到燭火熄滅後，再放進動物，則動物立斃。他并證明硝石和硝酸中，都含有和空氣裏相同的一種可助燃和呼吸的氣體，遂取名為火氣(fire-air)或硝精氣(Spiritus nitro-aerus)。他再用鐵塊置於滿貯水的瓶中，倒置於酸液內，而收集得一種新氣體(就是後來發現的氧化氮)。梅猷本是一個醫生，嘗發表呼吸作用的特殊見解，說呼吸會使血液變熱，改變當時相反的錯誤觀念。可惜梅氏祇活到三十四歲就死了。

後來海爾斯(Stephen Hales 1677—1761)改良了氣體的收集法，各種物質經過化學反應和加熱作用以後所放出或吸收的氣體，始得測定它的重量或體積。他把動物、植物或礦物置於瓶內加熱，用右圖8所示的裝置來測定所放出的氣體。在現在看來，雖不是善法，但於

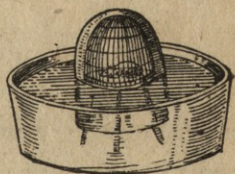


圖6 置鼠於水面上，用瓶罩之



圖7 水面上取氣體



圖8 海爾斯在水面上取氣體(a)

以後各種氣體的發現，有很大的助力呢。

第三節 氣體的先鋒

二氧化碳氣的發現，和新氣體有連繫的關係，它是一種最早發現的氣體，可算是氣體的先鋒了。在一七五五年卜拉克 (Joseph Black 1728—1799)

發表“鹽基性碳酸鎂、石灰和其他鹼質的試驗”的論文，說明強熱碳酸鎂、碳酸鈣，或注強酸於其上，都放出一種和普通空氣不同的氣體，而可以利用鹽基性溶液使它固定而成鹽，因稱為**固定空氣**(fixed air)，就此在化學界建立兩種新觀念：

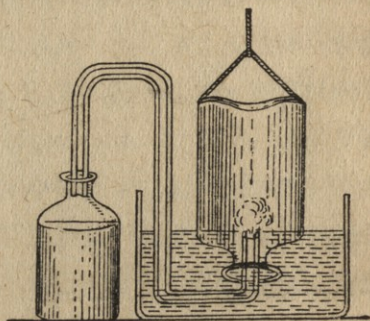


圖9 海爾斯在水面上取氣體(b)

(1)自然界有化學性質不同的氣體存在；

(2)這些氣體可以固定（就是可叫它和別種物質化合），也可以再放出；並且這些氣體能用固體物質依人工方法來製取。

自這種和普通空氣不同的氣體發現之後，於是當時研究氣體的風氣，遂空前稱盛，展開了別種氣體發現的萌芽了。

這種固定空氣，到一七六六年卡芬狄士 (Henry Cavendish) 纔用水銀上收集氣體法收集得之，遂得驗知它的性質。

並證明從發酵和從他種方法取得的固定空氣都是一樣的。至於固定空氣的成分，到一七七四年發現氧後不久，始由拉瓦節 (Lavoisier) 實驗證明是碳和氧的化合物，乃稱為碳酸。

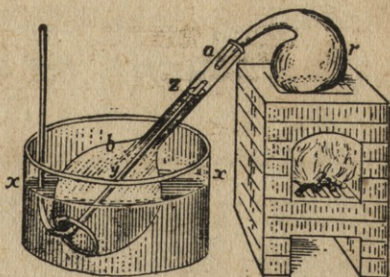


圖10 卡份狄士集取體氣的方法

第四節 毒空氣和可燃空氣

淡氣在空氣中的量，雖然比養氣多，但因為它很不活潑，所以等到養氣發現之後，纔漸知其品性。首先取得淡氣的人都公認是卜拉克的學生刺得福德 (Daniel Rutherford 1749—1819)。在一七七二年他用磷燃燒於密閉的空氣中，發現剩下來的氣體，完全不能維持動物的生命，因此遂稱這氣體為毒氣。淡氣真有毒麼？但是卡份狄士在一七七二年以前即發表淡氣的製取法，是把空氣反復通過灼熱的木炭，然後用苛性鉀吸收其中的碳酸氣，就得淡氣了，這可由他寫給普里斯特利 (Priestley) 的信來證明的。

輕氣在未有人認為一種單獨氣體以前，已先有人知道它了。最早在十五、六世紀時巴拉塞爾士所著的 Archidoxa 書上，載着用鐵和稀硫酸可製得這種氣體。照這樣說就當卡份狄士 (Henry Cavendish 1731—1810) 不是輕氣的發現者，而首先

詳細研究輕氣的，當推這位生活怪僻的化學家了。卡氏是英國的貴族，擁有極富的財產，有極怕羞的性情，絕少交際，怕和人談話。武拉斯吞 (Wollaston) 說過：『要和卡汾狄士談話的妙法，就是不要對着看他，好像向空中說話一樣，但恐怕仍不能引動他呢。』他最厭惡女人，所以終身未娶，喜歡單獨生活。他除發現輕氣之外，還有碳酸氣和水的關係、水的組成、硝酸的組成，和空氣中惰性氣體的存在預示等不朽的研究工作。他嘗用鐵、鋅、錫等金屬和稀的硫酸、鹽酸，從六個相似的反應來製取輕氣。因為輕氣是可燃的，所以他取名為可燃空氣 (inflammable air)。人類一度有了不正確思想的印象，就很難接受新的事物，創造新的推理，當時的學者腦子裏糾纏着那個燃素的觀念，因此失掉了對新事物作正確判斷的能力。所以卡氏雖是第一流化學家，也因受着“先入為主”的燃素觀念，遂造成錯誤的論斷。他起初認輕氣就是燃素，後來又認為是燃素和火的化合物，最後說這氣體不是從酸裏而是從金屬中來的，但是怎能以這種小疵掩他的大功績呢。輕氣到一七八七年才經拉瓦節定名為 Hydrogen，就是水素的意義，我們稱做輕氣——氫——是根據它在一切物質中為最輕的原故。

第五節 氧的發現

在新發現的氣體中，要以養氣對於近代化學的發展上最有關係了。這因為化學的由哲學思想而轉入科學研究的途徑，可

說是本於燃素說的崩潰，而燃素說的崩潰，則源於養氣的發現。所以貝叟勒脫 (Berthelot) 說養氣的發現，是化學的革命。關於討論養氣發現史的書籍，多不勝舉，說亦各異。梅猷雖證實了空氣中含有可助燃和呼吸的氣體，但未曾取出；海爾斯雖曾由強熱硝石和鉛丹取得這氣，但未確定它的性質，所以養氣的發現，不得不公認應歸功於普里斯特利 (Joseph Priestley 1733—1804) 了。普氏是英國人，幼失怙恃，受養於姑母，初任文科教職，到一七六六年偶然遇見美國的大政治家兼科學家佛蘭克林 (Benjamin Franklin)，交談以後，始改變生活方式，決定研究科學。蘇打水的發明，可說是他對於化學最早的一種貢獻。他因住宅隣近有一個造酒廠，酒廠中出產碳酸氣很多，就取來做試驗，發現清水中含有碳酸氣時，有清涼滋味，而

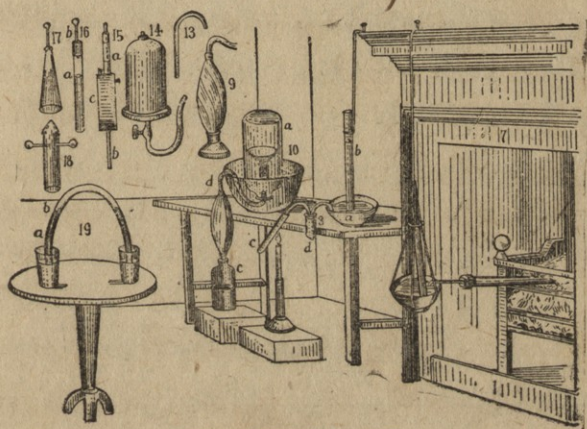


圖11 普里斯特利的儀器

有益衛生，今日汽水和啤酒工業，就是肇端於此的。平常每稱普氏爲氣槽化學之父(the Father of Pneumatic Chemistry)，現在看來，集氣槽這樣儀器是簡單無比的，但是這種發現却非容易的事。且在普氏以前，還無善於利用集氣槽的人，所以多種重要氣體無從收集，無從發現。他非但運用集氣槽，並倡始於集氣槽內以汞代水，於是在前人知而無睹的可溶於水的鹽酸氣、阿摩尼亞氣，都從此可收集而得了。科學上的一種發現或發明，固然多是精心研究的結晶品，但也有出於偶然的，普氏的發現二氧化硫和氧，就是其例吧。普氏加熱硫酸，用汞槽收集原意欲製取的“空氣”(air)，於無意中發現硫酸和汞的反應，居然第一次取出二氧化硫了。據他的記錄說：

『硫酸加熱，簡直沒有氣體發生。……但這氣體却於意外發現，並且我爲這個發現，費了頗重的代價。既用燭燒了更久的時間，還是沒有氣體，我覺得失望，乃將燭撤掉；但在我能將玻璃瓶從汞槽撤開以前，一點水銀經由曲管通入熱酸，於是立刻之間，瓶中佈滿濃厚白煙，發出無限氣體，經過的導管裂成碎片(我想是因爲忽然發生的熱所致)，並且有些熱酸潑到我的手上，手燙傷非常利害，至今仍可看見受傷的痕迹。』

『這個難受的危險，既不能使我失望，第二天我拿少許水銀和硫酸同置瓶中熱之，離沸騰還遠的時候，多量的氣體已從瓶中發出。』

氧的發現，也並無預定的正當計劃，而出於偶然的，是發

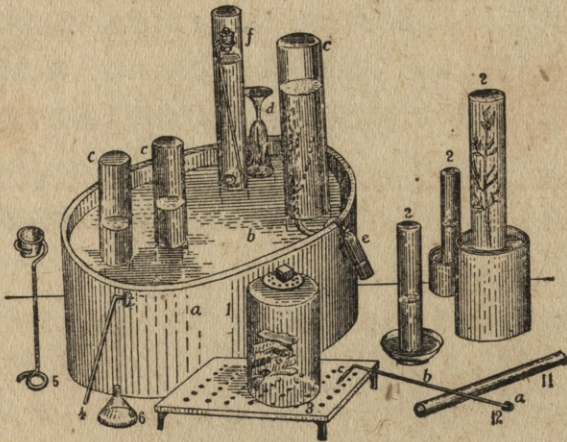


圖12 拉瓦節的呼吸實驗

輒於一個直徑一呎的大火鏡（凸透鏡）。原來普氏得到這個大火鏡，很覺高興，急用各種物質放在玻璃器中，由火鏡聚着日光來加熱做試驗，因此就發現了氧。且看他的有趣的實驗記錄：

『一七七四年八月一日想從汞燼（即氧化汞）中提取“空氣”，不久我就找出，用這火鏡，“空氣”果從汞燼趕出很易。既得這“空氣”三、四倍於我的器皿的容量，我加水進去，見它不能吸收。但使我詫異至於不能形容者，燭燃於這空氣中，光焰非常之大。』



圖13 拉瓦節在閉器加熱於金屬

『老鼠已在這空氣中舒服過活，我自己也要親來受試驗。我用玻璃虹吸管從一大瓶的這空氣，吸入口中，我真覺得十分愉快。我的肺部在當時所有的感覺，好像和平常吸收空氣時沒有什麼分別，但是我自從吸收這空氣後，覺得經過好久時期，身心上還是十分輕快舒暢。這種氣體，又有誰人知道將來不變

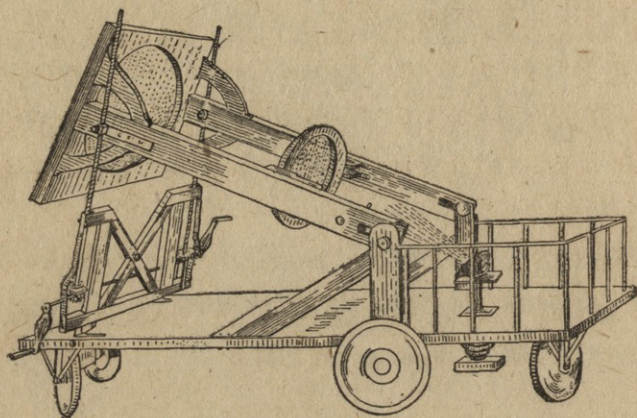


圖14 拉瓦節的大火鏡

成時髦的奢侈品呢？現在享受到呼吸這種氣體的利益者，祇有兩隻老鼠和我自己而已。』

『這氣體對於體弱之人的肺，似乎有奇特的滋補，……但從這些試驗，我們可判斷說它是純潔的“脫燃素空氣”(dephlogisticated air)。』

他說尋常空氣含有燃素，這種新氣體却不含燃素，能吸取燃素，故較尋常空氣格外助燃，所以他稱為脫燃素空氣。普氏

是燃素學說的信仰者，無怪其有這種錯誤的觀念了。

一七九一年七月十四日法國革命紀念日，因普氏表同情於法國革命，倫敦保皇黨的暴徒攻擊普氏，並搗毀他的住宅。普氏雖倖幸沒有受害，但竟以六十高齡出亡美國了。那知在氧的發現百週年紀念日，倫敦伯明翰(Birmingham)揭開普氏的鑄像，舉行十分熱烈的祝頌儀式呢。

社勒(Carl Wilhelm Scheele 1742—1786)在瑞典同時獨立地發現氧，不過他的論文，被發行刊物人延遲不發表所誤，普氏遂居先了。社氏嘗從七種藥品製得養氣；且作許多試驗法，他稱養氣為火空氣(Fire air)。

養氣的定名為Oxygen，是一七七七年拉瓦節(Lavoisier)所取的，據希臘文的意義，乃“成酸之母”。我們譯做養氣——氧——者，取有養活生命的作用的緣故。

第六節 燃素說的崩潰

化學生稱拉瓦節為“近代化學之父”，就是因為他打破了燃素學說，而引導化學趨入於科學之路的原故。要不是燃素學說隨着氧的發現之後而崩潰的話，說不定現在的化學，尚在幼稚時代呢。一八〇六年拿破崙第一戰勝紀念日，在巴黎聖馬利馬格達倫教堂(the Church of St. Mary Magdalene)前面，熱烈地揭開所建立的一個巨大的銅像，刻有碑記曰：

『安徒宛勞蘭脫 拉瓦節

1743—1794 近代化學的建設者』

拉瓦節生於巴黎，受着很好的教育，喜歡科學，嘗因要練習目力，可使對於光線的感覺格外靈敏，他曾把自己關閉在暗室裏經六個星期，由此一端，就可見他研究科學的毅力了。他不獨是科學家，並且是政治家、經濟家、農業家。在法國大革命爆發的時候，拉氏被捕入獄，坐“加水和別種有礙衛生之物於軍士的紙煙中”的罪名，判決在二十四小時內處死刑。當時拉氏雖要求緩刑二星期，完成他的某種實驗，且不可得。革命的領袖並斷然地說：『共和國不需要科學家。』法國大數學家拉格蘭琦 (Lagrange) 嘗歎惜說：『斷掉他的頭，不過是一剎那之間的事，但造就一個代替他的人，恐怕要好幾百年吧。』他在一七七七年宣佈氧的燃燒學說 (Oxygen Theory of Combustion) 後，從此那流毒已經幾百年的謬誤而可惡的燃素學說，就完全斷絕了它的生命了。他的氧學說，大略是下列的四點：

(1) 燃燒時放出光和熱。

(2) 物體祇能在“純空氣”或氧中燃燒。

(3) 物體在氣體中燃燒時，這氣體被吸收而用去；因此燃燒物所增加的重量，適等於這氣體所減失的重量。

(4) 已燃燒物體尋常變為酸，但金屬則變為燬渣。

原來普里斯特利在發現氧氣後，就到巴黎，把他的發現告訴拉瓦節。拉氏隨即做了下面的試驗：放 4 兩純汞於曲頸瓶中，瓶的曲管一端伸入罩於汞槽上的玻璃鐘內，約有 50 立方吋的

容量。乃加熱曲頸瓶，不停的連燒十二天。初時水銀面上漸生紅色粉末，但在第二天以後，紅色粉末即不再增多，同時玻璃鐘內的水銀面上昇，減少容積7或8立方吋，剩餘的氣體為43或42立方吋，約合原容積的 $\frac{1}{6}$ ，既不適於呼吸，也不適於燃燒，因動物放入於數分鐘內即死，火光立刻熄滅。把瓶內紅色燬渣取出秤之，重為45格林 (grain)，放在小曲頸瓶中強熱之，收集分解後所放出的氣體，有7至8立方吋，而所得之汞為41.5格林。把燭火放入這氣體中，強烈發光；木炭則發火焰而燃燒，光亮幾至眼睛不耐逼視。於是他斷定在第一試驗中所被吸收的7或8立方吋空氣，就是第二試驗中所放出具有強烈性的氣體。後來拉氏更證實這氣每立方吋重0.5格林，則所收集的氣體7或8立方吋，重當3.5格林至4格林，45格林的汞燬就是41.5格林的汞和這氣體化合而成的。(41.5+3.5=45)

氧的燃燒學說，就是這種實驗的結晶，在當時還不為人所信，等到一七八三年他的“關於燃素的迴想”發表，始為舉世所公認。

拉氏且為物質不滅定律的確定者，定量實驗的倡導者，化學方程式的創造者，對於化學的貢獻，可說是前無古人，後無來者了。

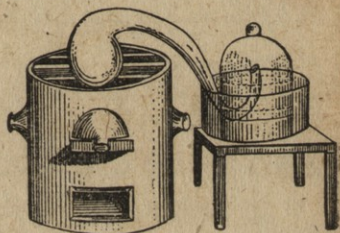


圖15 拉瓦節的加熱汞的試驗

第二章 量

第一節 物質不滅的詩

我們觀察任何物質時，必懷着兩種觀念：一是辨認差異的性；二是區別多少的量。化學上種種實驗，也不外是研究各種物質的性和量而已。古代鍊金術家，多在物質的性上追求，並不注意量的關係。木燃燒後剩餘些微的灰燼；金屬強熱後則成較重的煨渣；物質在起化學變化時，會消滅而減少，或創造而增多的思想，固然是古代人所不免的，但希臘人在很早就提出“物質不生不滅之說”了。紀元前百年羅馬詩人魯克來蒂斯（Lucretius）曾有詠物質不生不滅的詩：

『看起來萬物是死了，但實則猶生，——
正如春雨落地，霎時失去蹤影；
可是草木把它吸來，長成花葉果實
——欣欣向榮。

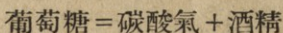
萬物都不會死，每死必有生。』

到一七八九年拉瓦節才證明了這定律的真實，在量的園地上建立了物質的質量不變定律的柱石：

『在一切化學變化中，物質的總重量，毫無增減。』

拉氏成立定律的原由，是本於葡萄汁釀酒的發酵實驗。他用100磅的糖，400磅的水，含有7磅水的10磅釀母漿，在幾天以後，實驗得放出35磅的碳酸氣和14磅的水，餘下460磅的液

體，其中含有 409 磅的水，58 磅酒精，2 磅醋酸，4 磅糖，及 1 磅乾的酵素。由是他發現下列量的關係：



自近代放射性學說成立後，物質不滅的觀念，雖已有動搖的跡象，但在普通化學上無疑地這學說仍是控制一切化學變化的最重要規律啊。

第二節 定比定律的爭論

對於化學變化中物質間量的關係作研究的，要推卜拉克 (Black) 爲最早了。他在一七五四年作鹽基性碳酸鎂和白堊的實驗，用碳酸鈣 120 格林 (grain) 強熱後，剩下石灰 68 格林，所失去的 52 格林，認爲是固定空氣（即現時所指的碳酸氣），這可說是定量實驗的起源。

物質的組成，是均態呢？還是不均態？在一七九九年發表關於化學親和力之定律的貝叟勒脫 (Cloude Louis Berthollet 1748—1822) 認爲元素能以各種比量相化合的。但是法國人卜勞斯特 (Joseph Proust 1755—1826) 在一七九九年做碳酸銅的定量實驗，結果得知天然的碳酸銅，和人造的碳酸銅，有相同的組成，其中所含的銅被氧化後，總是佔有百分之二十六的量。所以他說：

『一百分的天然碳酸銅，溶解於硝酸後，可用鹼性碳酸鹽使之沈澱，仍得一百份的人造碳酸銅。且這兩種化合物中的鹽

基，同是黑色氧化銅，我們必須承認當化合物生成時，冥冥中若有一手持着天平以支配之。我們可斷定自然決不能使地下深處的，地面的，或由人力作用的有差異的變動。』

當時貝叟勒脫却抱着組成不一定的主見，和卜勞斯特在雜誌上互相詰難，歷八九年之久，卜氏纔獲得勝利，定比定律遂確定了在化學上的地位：

『造成化合物中各元素的重量間，必有一定的比例。』

第三節 原子學說

我們要問構成存在宇宙間的一切物質，究竟是由什麼最根本物質所造成的？古代的希臘哲學家曾說最根本的物質，是水、火、土、氣四種元素。同時那些哲學家也從把物體漸縮小地分割起來，將成爲怎樣的結果，作爲考察物質成分的入手處，於是有兩種相反的解說：

(1)物質是連續的，若把物體分割起來，能成無限的小。

(2)物質是原子的 (Atomic)，若把物體分割起來，便會達到不能再分割的極限。

第一種說法是紀元前四百多年安那塞葛拉 (Anaxagoras) 的學說，第二種說法是同時希臘人劉西巴 (Lucippus) 的學說。從劉氏的弟子德謨克利他斯 (Democritus) 的原子學說中，得知劉氏曾把物體逐次分割到不能再分割的極限小粒子，叫做 (Atom)，就是“不可分者”的意義。這種原子說的起源，直等

到十八世紀牛頓派學者的道爾頓 (John Dalton 1766—1844) 纔發揚光大，建立科學的原子學說，給與化學上以非常偉大的力量。

道爾頓的原子學說的要點，大概如下：

(1)無論為單質或化合物，構成一純物質的最小粒子，必具相同的形狀，相同的重量。

(2)構成元素的“單原子”，是不可分的，既不能創造，也不能消滅。

(3)形成化合物的“化合原子”(Compound atoms) 是由二個或二個以上的單原子結合而成。

(4)原子和原子相結合時，必為簡單整數之比。

道氏死於一八四四年，但他的大理石像已在十年前(1834) 早就樹立在曼徹斯特市 (Manchester) 的市政廳裏了。道氏初習氣象學，尤注意北極星，自一七八七年起每日作氣候日記，不間斷的凡歷五十七年，約有二萬次的觀察。這種持恆的精神，真可為我們所效法。

第四節 倍比定律

在道爾頓發表原子學說以前，已發現有許多種化合物，是相同的兩種元素所化合而成，但它們的化合量之比並不同。如氮的氧化物已知有三種（即 N_2O ， NO ，和 NO_2 ），碳的氧化物有二種，即碳酸氣和氧化碳。卜勞斯特雖然創說了定比例定

律，並且知道在許多例子中，間有二種或二種以上固定比例的存在，但因他的分析不準確，所以未能發現倍數比例的關係。他嘗分析兩種硫化鐵，而以最小的和最大的來解釋它：

(1) 硫對於鐵之比 = 60 : 100 (最小的)

(2) 硫對於鐵之比 = 90 : 100 (最大的)

由此則硫的簡單整數比為 2 : 3。但實際上的比例，應該是 57 : 100，和 114 : 100，那末硫就成 1 : 2 的倍數比了。在一八〇三年道爾頓根據前人所分析的結果，用氧的原子量為 7 做標準，算出三種氧化氮中，氧和氮的定比例是 7 : 10 ; 7 : 5 ; 14 : 5 (實際應該是 4 : 7 ; 8 : 7 ; 16 : 7)。又算出二種氧化碳中，氧和碳的定比例是 7 : 5 ; 14 : 5 (應該是 4 : 3 ; 8 : 3)。於是他乃創說倍數比例定律：

『當兩種元素化合成兩種或兩種以上的化合物時，和一定重量的元素相化合之另一元素在各化合物中所有的不等重量，必為簡單整數之比。』

倍數比例定律的精確，到一八四一年杜馬 (Dumas) 和史塔司 (Stas) 做了精確的分析實驗，纔得真實的成立。杜、史兩人分析碳酸氣的結果：

碳 27.27%

氧 72.73%

後來一八四九年史氏實驗得 224.68 克的氧化碳能和 128.367 克的氧相化合成 353.05 克的碳酸氣，於是可算得 100 分碳酸

氣中含

氧化碳	63.64%
氧	36.36%

由此算得 27.27 克的碳和 72.27 克的氧化合成 100 克的碳酸氣，而和 $63.64 - 27.27 = 36.37$ 克的氧化合成 63.64 克的氧化碳。則氧在這兩種化合物中的比例是

$$\frac{72.73}{36.37} = 1.9997 \text{ 而和 } \frac{2}{1} \text{ 之比僅僅有 } 0.015\% \text{ 的錯誤}$$

，故倍比定律可說是絕對精確了。

第五節 調和爭執的分子說

在一八〇八年道爾頓公佈原子學說之後，給呂薩克 (Gay-Lussac 1778—1850) 隨即發表氣體反應容積定律，使原子學說更得到有力的幫助。

『氣體互相合時，各氣體的容積間必為簡單整數比。』

給氏最初研究氣體受熱膨脹的現象，在一八〇二年發現所謂查理 (Charles) 定律，但他很謙抑地把這功績讓給稍在其前發現的查理，這不能不說是一種美談。他嘗研究氣象學，曾兩次冒險乘氣球上昇至高空，第一次升到1300呎，第二次升到2300呎，由此測定高空的溫度、濕度、磁力，和空氣的成分。給氏在化學上尚有兩種重要貢獻，就是硼的分離，和酸有含氧酸和含氫酸兩種的理論。他用金屬鉀和硼酸盛於銅管中加熱做實驗，曾發生爆炸危險，以致受了重傷，幾乎炸瞎了眼睛。按拉

瓦節稱氧為 Oxygen 的原因，乃當時認氧為造成酸的要素，現在我們都知道這是錯誤的。給氏在一八一四年研究碘化合物的性質，發現碘是一種元素，而氫碘酸却是祇含氫而不含氧的酸，同時又考察得碘酸 (HIO_3) 的組成，於是遂把拉瓦節對於酸的觀念打破了。

若用道爾頓的原子學說來解釋給氏的氣體反應定律，就發生了矛盾的地方，因此兩人爭論許久。到三年後(一八一一年)阿伏加德羅 (Amedes Avogadro 1776—1856) 發表他的永垂不朽的氣體分子假說，纔解決其中的癥結。他發現道爾頓的原子學說和給呂薩克的氣體反應容積定律不一致的原因，是在原子學說略有欠缺之處，於是他想出了所謂分子。阿氏說：

『任何單質氣體的分子，並非由於獨立的原子而成，乃由於二個或數個原子因互相吸引所集合而成。』

氣體分子的假說遂在物理雜誌上發表了：

『在同溫同壓之下，在等體積中的任何氣體所含有的分子數相同。』

但在當時的化學家都未注意阿氏的假說，三年後安培 (Ampere) 又舊事重提，也未生影響。安氏見解和阿氏之說略異，安氏假定單質氣體的分子，含有四個原子，而不是兩個。直至一八五八年康尼乍羅 (Stanislao Cannizzaro 1823—1910) 在卡爾斯路埃 (Karlsruhe) 所舉行的化學會議告終時，把他的“化學原理教授大綱”的小冊子散給到會的人以後，阿氏的假說

纔漸漸爲人所重視。小冊子裏有一段話：

『要使化學各部毫無衝突，則於測定分子量和分子數目時，阿伏加德羅和安培的學說，有完全利用之必要，如此所得的結果，和所有以前發現的物理上和化學上的定律，完全符合。』

第六節 分子量和原子量的測定

氣體的一個分子，究有多少重呢？分子之小，固然不是可用天秤來稱量的，但有了阿伏加德羅的假說，便可據以測定各種氣體分子的比較重量了。一升氫的重量是 0.08987 克，一升氧的重量是 1.429 克。若假定任何氣體在 1 升中含有 n 個分子，則

$$\frac{1.4290}{0.089873} = \frac{\text{氧1升之重}}{\text{氫1升之重}} = \frac{n\text{個分子氧之重}}{n\text{個分子氫之重}} = \frac{1\text{個分子氧之重}}{1\text{個分子氫之重}} = \frac{16}{1}$$

這不是得到氧分子比氫分子重 16 倍嗎？若以氧或氫做標準，別種氣體的分子量，根據這原理，也可得相對重量的關係了。所以氣體的分子量的測定，自有了阿伏加德羅的假說，纔得到解決。測定的手續，也很簡便，祇要能秤得一升氣體的重量就得了。一升氧的重量爲 1.429 克，是一八九五年摩爾雷 (E. W. Morley) 用圖 16 所示的器械測定出來的。

分子的比較重量，既然可以求得，則要知道一個原子的比較重量，便有了線索。不過測定各種元素的原子量，必定要有一個標準。一八五八年康尼乍羅把氫分子的比較重量認爲 2，

而定其一半，就是 1，作為氫原子的比較重量，選用為原子量的標準。康氏測定原子量的方法，是用阿伏加德羅假說測定含有同一元素的各化合物的分子量；再由分析求它們的組成，由此算得各化合物一分子量中所含同一元素的重量，其中一個最小的值，就是這元素的原子量了。下面是康氏的原表之一：

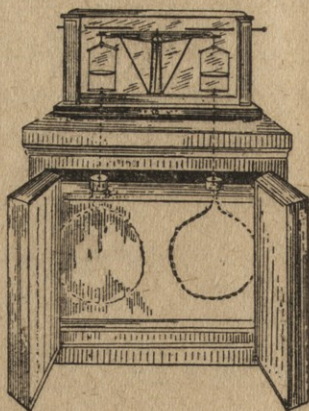


圖16 摩爾雷的天秤

氯的化合物		Cl=35.5	
氣體名稱	分子量	分子組成	分子式
氯氣	71	71 氯	Cl ₂
氯化氫	36.5	35.5 氯, 1 氫	ClH
氯化亞汞	235.5	35.5 氯, 200 汞	ClHg
氯化汞	271	71 氯, 200 汞	Cl ₂ Hg
氯化砷	181.5	106.5 氯, 75 砷	Cl ₃ As
氯化磷	138.5	106.5 氯, 32 磷	Cl ₃ P
氯化鐵	325	213 氯, 112 鐵	Cl ₆ Fe ₂

上表中氯的最小量為 35.5，故 35.5 即為氯的原子量。

原子量的測定，在康氏之前，很多變遷，中間要以瑞典的柏濟利阿斯 (Jöns Jakob Berzelius)，法國的杜馬 (Dumas)

，比利時的史太斯(Stas)，法國的杜隆(Dulong)和柏替(Petit)的功績，是最大而不可掩沒的。前三人都嘗極精細地做測定原子量的工作。史太斯所用的天平，準確到 0.03 毫克（在那時已是絕無僅有了），他把一切重量都算成真空中的重量，他所用的玻璃器具，預先在氧化鎂中燒至變軟，以免做高溫試驗時重量上受玻璃器的影響。他所用的水，蒸餾過三次。他在密閉器中實行蒸發，以防灰塵。在暗室裏做見光易起變化的物質的試驗。所以在他的許多測定的結果中，每一元素的原子量，僅有百分之一至二百分之一的差異。他這種精細工作，就是在現在，也覺難能了。

原子量的標準，在選用上也曾經過許多更易。柏濟利阿斯用氧的原子量為 100 做標準，康尼乍羅改用氫的原子量為 1 做標準，到一八九八年始根據史太斯的意見，一致決定氧的原子量為 16 做標準。這種改變的理由，起初康氏定氫的原子量是 1，那麼氧的原子量是 16，但在一八九五年，摩爾雷用前述的儀器，做了空前準確的實驗，結果纔知道氧的原子量應該是 15.879。原來起初把氫的原子量定為 1 做原子量標準，是因為氫是最輕的元素。但是氧幾乎能和一切元素化合，要決定新發現的元素的原子量，多先使它和氧化合，測定它的當量來計算。故用氧做標準，更為便利。不過若用氧的原子量為 15.879，於計算上就非常繁雜。因此把它增大一些成一整數 16，氫的原子量就隨着變為 1.008 了。

卜勞特 (William Prout) 在一八一五年，發表一篇論文，認為元素的原子量，都是整數；氫是元素的元素，別種元素的原子，都是氫原子的集合體。這種臆說，在當時雖也引起了許多人的贊同，但事實上測得元素的原子量，很多不是或不近於整數，終至未能成為定論。但二十世紀以來，這種臆說，又復活起來，從放射性學說和同位元素，就可證實它的真確性了。

第三章 記號

第一節 元素的符號

上古時代的鍊金術家，早用宇宙中七個星球的記號來代表當時已知的七種金屬。這雖然屬於神祕的色彩，不含科學的意義，但可說是化學上採用符號的起源。道爾頓發表原子學說的時候，就創造了“**原子符號**”，並且用原子符號來表示化合物。右圖是道爾頓氏原子符號的原表。

右圖中 1 至 20，道氏認為是元素；21 至 25 是二原子化合物；26 至 29 是三原子化合物；30 至 33 是四原子化合物；34 是五原子化合物；35 是六原子化合物；36 和 37 是七原子化合物。道氏那時對於元素和化合物的認識，尚未正確，不免有許多錯誤。7 是氧化鎂；8 是石灰；9 是蘇打；10 是木灰；11 是 Strontites；12 是重土，這六種道氏都認為元素，但此後不久，就被證明是化合物了。現在舉其中比較重要的註明於

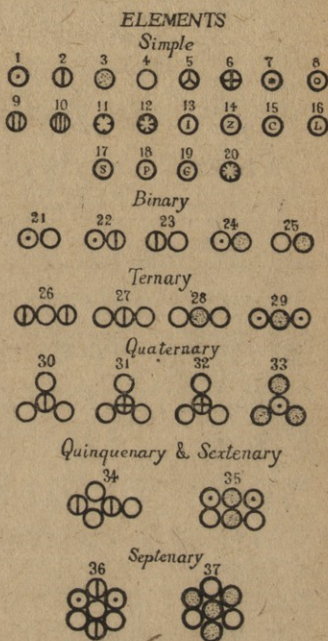


圖 17 道爾頓的原子符號

下：

- | | | | |
|-----|------|------|------|
| 1 氫 | 5 磷 | 15 銅 | 19 金 |
| 2 氮 | 6 硫 | 16 鉛 | 20 汞 |
| 3 炭 | 13 鐵 | 17 銀 | |
| 4 氧 | 14 鋅 | 18 鉑 | |
- 21 水，由氫和氧各一原子而成；(誤)
- 22 氨，由氫和氮各一原子而成；(誤)
- 25 氧化碳，由氧和碳各一原子而成；(正)
- 28 碳酸 即 CO_2)，由氧二原子和碳一原子而成；(正)
- 31 硫酸(即 SO_3)，由氧三原子和硫一原子而成；(正)
- 34 亞硝酸 (即 N_2O_3)，由氧三原子和氮二原子而成。

這些固然是很有趣，但對於化學的發展，並沒有幫助。因為寫起來既很麻煩，而且一化合物中元素的原子少的還簡單，若是原子多的化合物，完全照樣寫出來，不僅繁雜，也是不易默記的。到一八一一年瑞典的柏濟利阿斯 (Berzelius) 才製定了現時所通用的元素符號，使化學的研究為之稱便。他的這種功績，却是值得紀念的。這種元素符號的構成很簡單，就是用該元素名字的拉丁字或希臘字的第一個字母，作正楷大寫；若是第一個字母相同，再把其後第二個或另一個字母添接上去，而作正楷小寫。例如：

氧	Oxygenium	O	硫	Sulphur	S
鐵	Osmium	Os	矽	Silicium	Si

氫 Hydrogenium H 銻 Stibium Sb

汞 Hydrogyrum Hg 錫 Stannum Sn

但是當時道爾頓對於這種元素符號，却竭力地反對，至死不放棄他的主張。他曾說：『柏濟利阿斯的元素符號，在科學上是不合理的。』但是道氏那裏知道百餘年來化學竟賴這種符號的便利，得以推進呢。

第二節 化學式的紊亂

元素既有了所謂元素符號來代表，當然化合物也應有一種記號來代表它們，這種記號叫做化學式。道爾頓所用的記號，既然廢棄，所以化學式是採用柏氏的元素符號而構成的。要作一個化合物的化學式，必須要知道元素的原子量，和這化合物的組成。在道氏和柏氏時代，測定得水的組成是氫 1，氧 8；碳酸氣的組成是碳 3，氧 8。那時的原子量氫是 1，氧是 8，碳是 6。所以照組成算得化學式，應該水是 HO；碳酸氣是 CO₂。在現在看來水的化學式是錯了。這種錯誤，到了康尼乍羅的原子量測定法闡明以後，纔得到解決。其中錯誤的癥結在那裏呢？原來是因道氏時代所稱的原子量，乃是化合物中各元素以某種比例和氫元素為 1 時相結合的量，其實就是現在所稱的化合量或化學當量。一八一四年英國的鄔拉斯敦(Wallaston 1766—1828) 因不滿意於道氏的原子量，首創當量一名詞。但自此以後，化學家對於原子量和當量的區別，多不能辨認清楚，因

此發生許多熱烈的爭論，幾歷五十餘年。蓋原子量雖經柏濟利阿斯諸人作精密的測定，但化學家多覺得抽象的原子量，不如具體的當量。所以李必虛 (Liebig) 說：

『化學式的惟一目的，是明顯簡捷的表示化合物的成分。……一化合物中各元素的當量，是不變的，是可測定的，而形成一當量的原子準確數，則永不可知。』

在十九世紀前半期，化學式的紊亂，達於極點。水可寫作 H_2O ； $\overset{H}{H}O$ ； HO ； HO ；或 H_2O_2 。沼氣可寫作 CH_4 ； C_2H ；或 C_2H_4 。酒精可寫作 $C_4H_{10}O \cdot H_2O$ ； $C_4H_8 \cdot 2H_2O$ ； $C_8H_8 \cdot 2H_2O$ ； $C_4H_6H_6O_2$ 。凱古來 (Kekulé) 甚至在他所著的書中，給醋酸以十九個不同的化學式。尤其有機化合物的式子，真是五花八門，化學家先後提出的學說，竟多至十餘種，但都未能成立定論。

一八五二年佛蘭克倫 (Frankland) 實驗得金屬錫能成二種氧化物，一氧化錫和二氧化錫，始認為金屬或其他元素的每一個原子，和別種元素的原子化合時，有一種特別性質，叫做“飽和能力”(Saturation Capacity 即現在的原子價)，這飽和能力，雖各有異，但終是有一定的。佛氏說：

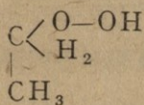
『氮、磷、砷、銻的化合物尤露出一種傾向，即這些元素能生成含 3 或含 5 當量的他種元素的化合物，且必依這種比，這些元素的愛力始能圓滿。』

這就是原子價學說的起源，自這種原子價學說發表以後，

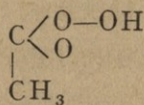
化學式便趨入解決的途徑，對於結構式也露出了曙光。

第三節 結構式的夢

知道了一物質的分子式以後，就會進一步追求到組成分子的各個原子，究竟是怎樣地結合起來的。所謂結構式，就是表示分子中各原子結合關係的式子。結構一名詞，是一八六一年白脫羅 (Butlerow) 所創用。據他對於結構學說所下的定義，乃解明“分子中各原子交互連接之法”的學說。結構式的原理，實導源於原子價學說。最初庫柏 (Couper) 用化合力 (Combining power) 來代表價，說明碳原子在各種有機化合物中有四個化合力單位，而碳原子和碳原子間常可自相化合，主張在碳原子間劃短線來表示價數，就好像一原子上伸出所謂結合手。庫柏把酒精和醋酸寫做如下的式樣：



酒精



醋酸

後來德國的凱古來 (Kekulé) 提出一種奇特的化學結構式，形似臘腸，叫做臘腸化學式 (Sausage formula)，腸的節數表示原子價，元素和化合物如圖18的形式表示。但這種式子，未被化學家所採用。後來慢慢改良，變成用結合手互相聯結的樣子，就把分子中原子的關係明瞭地顯示出來了。現在的結構

式，就是經過這樣的演變而來的。

關於化學結構式的最有趣的故事，要算苯的結構式的發現了。苯是一種碳氫化合物，一八二五年法拉第 (Faraday) 從油氣的液體中發現出來的，

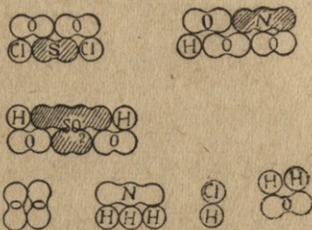


圖18 臘腸結構式

給它的化學式是 C_2H_2 。到一八四五年霍夫曼 (Hofmann) 發現煤焦油中也含有苯，隨後知道它的分子式是 C_6H_6 。若用上面結構式的理論，終不能作成苯的合理結構式。凱古來把這不可解決的問題，放在腦子裏日夜地思慮着，結果終被凱氏把這祕密之門打開了。凱氏最初表示苯的結構所用的記號十分奇特，如圖 19 所示。圖中橢圓形代表碳原子，黑點代表氫原子，單直線和雙直線代表單價標和雙價標，兩端箭頭表示鏈的接連處。一八六五年凱氏發表苯的環形結構式，如圖20。於是在前祇認碳原子相連成開鏈化合物的，自此以後乃有所謂閉環化合物了。世人公認這種苯的環狀學說，是“全部有

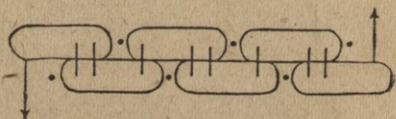


圖19 苯的最初結構式

機化學中最美妙的科學預言。”因為有機化學從此乃別開生面，成千成萬的新有機化合物遂由苯而衍生出來，發現且製造出來，造成近世染料、香料、醫藥、炸藥空前興盛的景況了。

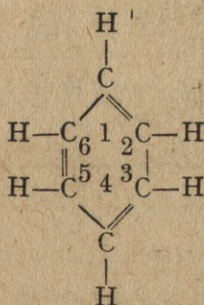


圖20 苯的結構式

所以在一八九〇年苯質學說成立二十五週年，德國化學會特開紀念大會，會中凱氏演說，自述他創立這學說的佳話：

『我嘗旅居比國的甘特 (Ghent)，寓處適在鬧市，街道逼窄，暗無天日……一日靜坐室中，正在忙於編書，而心思却想到另一件事情，於是我移坐爐旁，旋入睡鄉。見有許多原子成羣結隊，縹渺浮游，彼此相接連成長蛇一樣，忽然首尾銜結起來，好像蛇咬住自己的尾巴成了一個圓圈，急劇地旋轉不停。大夢驚醒過來後，就在殘餘的夜間，想出我的學說。』

後來他又用六角形來表示苯式，並在角上寫 a, b, c, d, e, f 等字母來代表氫原子的位置。



第四章 電

第一節 電流的魔力

希臘哲學家泰立斯(Thales)在紀元前六百年，曾記載過摩擦琥珀，能吸引紙張和羽毛的事。對於這種現象，到十六世紀吉爾伯特(Gilbert)纔開始作有系統的研究，創造“電”(electricity)一名詞。這字的語源就是從琥珀(electron)一字而來，所以物理學稱吉氏為電學的始祖。至於發現電流最早的人，當推意大利人賈法尼(Galvani)。他是解剖學家，一七〇八年某天，他的夫人偶然把手中握着的小刀，觸着了被他所剝去了皮的蛙腳的神經，這已死去的蛙的腳忽然地抖顫，起激烈痙攣。他因此做了種種實驗的結果，斷定這是蛙的神經有電源隨着金屬而流動，就名為動物電。到一七九〇年意大利物理學家伏爾他(Volta)發明了伏特電池以後，電就從物理學的領域中連繫到化學的範圍上來了。他把鋅片和銅片疊合，上面放着用食鹽

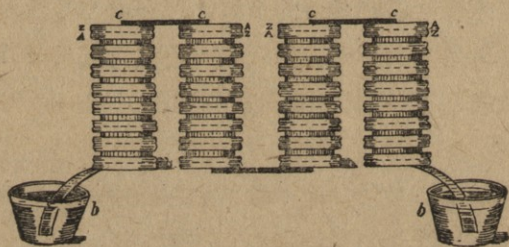


圖 21 電 堆

水浸濕的布，再加上同樣的金屬板一組，這樣地布片和金屬片相隔堆疊上去，一端為鋅，一端為銅，若用金屬絲連結起來，就有電流發生，這叫做電堆 (Volta's pile)。若把兩金屬片浸於鹽水中或鹼水溶液中，再用濕的布把各個串聯起來，則電流更強，這叫伏特電池或“杯之王”(Crown of Cup)。



圖 22 杯之王

一八〇一年聶柯爾生 (Nicholson) 和卡黎斯爾用兩根白金絲接連於這電堆的兩端，而插入水中時，發現有氣泡發出，仔細考察後，知道從接連在電堆鋅片的正極白金絲上放出來的氣體是氧氣，從接連在銀片的陰電荷白金絲上放出來的氣體是氫氣。經十三點鐘收集得氧氣 72 格林容量，氫氣 142 格林容量。他說：“這種容積比例幾乎可說是水的組成。”當時對於這種現象，非常驚異，電流的力竟可勝過當時所謂化學愛力了。因為以前要分解一種物質，祇能用加熱法，或用一種具有更強化合力的物質使起作用。現在水可以被電流分解，但又為什麼氫和氧各在一端發生呢？這兩種氣體在水中的什麼地方纔分手呢？到一八〇三年柏濟利阿斯發現溶解於水的鹽類、酸類、鹽基類，也能被電流分解了。

第二節 人的發現

一八〇七年大衛(Humphry Davy 1778—1829)把當時所認為是元素的氫氧化鉀，用電流分解了，就此開了以後許多元素發現之門。大衛把12平方吋的銅片和鋅片24塊，6平方吋的同樣片子100塊，和4平方吋的片子150塊連合造成空前巨大的電池，用明礬和硝酸溶液使起電荷，藉以做電解物質的試驗，結果很多物質被電流所分解了，甚至於從前所認為是元素而不可再分解的物質亦分解了。大衛初用苛性鉀的溶液試驗，結果祇得氫氧兩氣，和水一樣。次用乾燥苛性鉀，於加熱熔解通電，仍沒有效果，最後一直用電流來融解且分解苛性鉀，纔有金屬顆粒發生於陰極，氧氣發生於陽極。一八〇七年他在紀念會中演講，說明他最後的成功：

『一小塊純苛性鉀，先放在空氣中，露置數分鐘，讓它的表面上得有傳電的能力，再放在一個絕緣的白金盤上，把盤接連於電池的陰極，這電池是4×6平方吋的金屬片250塊造成的電堆，把接連於陽極的白金絲和苛性鉀接觸，全部儀器露置空中。』

『在這情形下，不久即發生活潑的反應。苛性鉀在兩極處開始熔解，在上方陽極上發生氣體很劇烈，但在下方陰極上雖無氣體放出，而有像水銀一樣光亮的小珠出現。有的立刻起爆發並放明亮的火焰而燃燒；有的剩下來，祇漸失光澤，最後在

表面上生成一層白色的薄膜。』

自鉀發現以後，不久鈉、鎂、鈣、鋇、鋇等都陸續地由這種電流分解法發現出來，且都是大衛的功績。但是大衛還有更大的發現呢。化學史上有一句趣話，就是大衛發現法刺特(Faraday)。在大自然界中發現一種元素或化合物，或創立一個定律或學說，固然是很寶貴而可紀念的功績，但是能在平凡的人羣中識拔一個具有特殊天才的人起來，加以指導，因此造成巨大的發明，不是更可欽佩嗎？因為不是這樣，這個具有天才的人，就在普通的社會中掩沒了，剝奪了他所可能的發明了。假使法刺特不是遇着大衛，恐不會造成一個大發明家，或許科學的進步，還要延遲數百年，說不定現在還沒有電車電燈吧。

大衛歡喜釣魚吟詩，有詩人化學家之稱。十八世紀末葉，自氧、氫、氮發現以後，一時研究氣體的風氣頗盛，牛津大學培多斯(Beddoes)便在白利斯托爾(Bristol)設立一個“氣體研究院”(Pneumatic Institute)。大衛在一七九八年就在這研究院試驗氣體對於生理上的作用。有幾次自己試吸，幾乎犧牲生命。但不久竟發現氧化亞氮的麻醉性，他呼吸之後，高興起來，大笑不止。及至呼吸這氣體達十六夸脫(quart)時，他在試驗室內就跳起舞來，從此氧化亞氮就有笑氣之名了。有一次他在拔掉一個牙齒後，非常疼痛，正在這時他拿笑氣呼吸，感覺痛苦立刻減輕，不久神經變得反感愉快，及至神經恢復常態時，牙也治好了。從此笑氣就成為牙醫上的麻醉劑，大衛也

就隨着笑氣之名而顯著了。在一八〇一年大衛遂被聘為英國皇家學院的教授，纔祇有二十二歲呢。大衛的演講極好，同時人稱贊說：

『他的第一種講演令人所生的感覺，及其所得熱烈的稱贊，在這個時期幾乎出於想像之外。知識最高階級的人——文學家或科學家、實驗家或理論家——有學問的女子，和時髦的婦人，老的少的，都擁擠着在演講室中。他的年少，他的簡單，他的天然口才，他的化學知識，他的靈活引證和精巧試驗，引起大家的注意和無限的贊賞。』

一八一五年大衛做火焰的研究，發現用鐵絲網蓋着火焰時，火焰不透出網外，就應用這個原理，造成了安全燈，這是對於礦業界莫大的貢獻。

第三節 電解定律

據說讀過法刺特的“關於電氣的實驗研究”和“化學和物理學的實驗研究”兩書的人，因此而成爲大學問家的很多。書裏收集他所做的一百五十八種研究，被視爲人類事業上的最高紀錄，和新發現的寶庫，很爲名貴。原來法刺特是怎樣一個人呢？他是一個鐵匠的兒子，因家境貧窮，十二歲在街上賣報，十三歲做釘書作裏的學徒。但他既聰明，又好學，尤其歡喜科學。他一面做釘書工作，一面讀書。這樣經過八年，有一個釘書作的主顧，知道他喜歡科學，就帶他到皇家研究院去聽大衛的

演講。他回來做好演講記錄，寫了自薦的信，送交大衛。大衛竟很親切地回了他的信，並和他會了面，終於做了大衛的助手了。到一八二八年他升了教授，在皇家研究院，共歷四十四年，做了一百五十八種研究。這些研究雖很多是屬於物理的，但在化學上的貢獻也很大。重要的是一八二五年發現苯；一八三三年發現電磁和電感的原理，且製造成第一個發電機；一八三四年發表電解定律。他在蒸餾水中插入兩白金片，接到電池的兩極上，並不見有電流通過。再在蒸餾水中加入少量硫酸鋅的濃溶液後，電流就通了。仔細觀察，見有下列的情形：

(1)在一白金片上，有金屬鋅漸漸地積集；

(2)試驗另一白金片附近的溶液，呈酸性而為硫酸；而這白金片近旁發生氧氣的氣泡。

他斷定這是化合物被電流所分解，因此他取名這種現象為電解。他並察知物質有能電解的，有不能電解的，前者像酸類、鹽基類、鹽類，取名為電解質。電解時有金屬鋅沈積於其上的白金片，取名為陰極；在其上發生氧氣的白金片，取名為陽極。物質被電解時，分為被各電極所吸引的東西，取名為游子，是“游行者”的意義。向陰極游行的，叫做陰向游子；向陽極游行的，叫做陽向游子。這些名詞，都是他所定的。電解是測定當量很好的方法，電解定律在當時所以很有影響。

(1)第一定律：由電解所析出的物質之量，和電量成正比。

(2)第二定律：相同電量使各物質析出於電極上的量，各和

其當量成正比。

第四節 電離學說

一種學說，倡創之初，每有不爲人所信，甚至遭受到譏刺的事情。阿伏加德羅假說，被遺忘五十餘年；卜勞斯的定比定律，而有貝叟勒脫的反對；牛蘭慈的八音律，竟遭到福斯脫的嘲笑。阿累尼烏斯的電離學說，也是一個例。阿累尼烏斯 (Svante August Arrhenius 1859—1927) 以纔在大學畢業，二十四歲的青年，在一八八四年發表“電離液的化學學說”，當時的人既多不相信，並以嘲笑對之。阿氏後來曾以幽默的言詞告訴人說：

『我去見我的老師，我所景仰的克黎夫 (Cleve)。我告訴他說：‘我有一種導電度的新學說，可闡明化學反應的原因’。他回說：‘這是很有趣的’，但是他立即接着說道：‘再會吧’。』

一八八七年阿氏再發表更完全電離學說的論文。他說一切導電液中，雖在電流未通過時，已常含兩種分子：一種是已經電離的，叫做活動分子；一種是尚未電離的，叫做不活動分子。當溶液更爲沖淡時，則在原溶液中不活動的分子，可漸變爲活動，所以導電液中，無論如何，總有多少離子存在着。電離的分子，分離爲帶有陽電和陰電的原子或原子團，就是離子。

自電離學說成立以後，在化學、電學、熱學三方面都得有

根據；尤其是化學中溶液的作用，從前懷疑不可解的問題，都可藉以說明。所以能博得世界學者的信仰，成了近代一個最重要的學說啊。

第五章 元素

第一節 元素的種類

二千多年前安培度克利斯 (Empedocles) 發表水、火、土、氣四元素說以後，這種思想一直等到十七世紀波義耳纔起來打破。波氏首先作元素的定義，在他的“懷疑的化學家”一書中說“無法分解的物質爲元素”，掃除從前對元素抽象縹渺的觀念。現在已認定元素共有九十二種，且都已發現了。考各種元素發現的經過，除有少數幾種是人類有史以前已知道運用的，無從稽考外，都包含着許多化學家的心血。一種物質會不會分解，要依我們的化學方法來決定，每有在從前認爲是不可分解的物質，到後來有了方法可使它分解的，於是這種元素的資格便被剝奪了。但是相反地也有本來是元素，在從前却錯認爲是化合物的，氯就是一個例。所以要找到一種方法，使物質分解成爲元素，固然很難；但是在這樣大的自然界中，要找出了出產多的和出產極微少的元素，更非一人一時之力所能做到的了。元素是否祇有九十二種，會不會有第九十三種呢？且這九十二種元素，是不是絕對的不會分解呢？這些問題，自放射性學說成立以後，也起了波瀾，舊的觀念，也發生動搖了。

元素的種數從歷史上看來，是逐漸增加的。在鍊金術時代，祇有七種金屬。到拉瓦節時代，有了二十三種（拉瓦節的元素表，共列有元素三十三種，不過後來有十種並非元素）。到

十九世紀初柏濟利阿斯創用元素符號時期，元素增加到四十七種。週期律在十九世紀中葉發表的，在週期表中佔有位置的，還祇有六十三種。因此在最近的七十餘年中間，竟發現了二十九種元素，這當然要歸功於週期表的幫助了。

現在把重要的元素依發現年代的先後，和發現這些元素的人，列表如下：

上古時代已知的元素：

金、銀、銅、鐵、錫、鉛、汞、硫、碳。

有史以後發現的元素：

元 素	符 號	發現年代	發 現 這 元 素 的 人
銻	Sb	1450	Valentine
鋅	Zn	1520	Paracelus
磷	P	1669	Brand
鉑	Pt	1750	
氫	H	1766	Cavendish
氟	F	1771	Scheele
氮	N	1772	Lavoisier
氧	O	1774	Priestley
氯	Cl	1774	Scheele
錳	Mn	1774	Scheele
鎢	W	1782	G'Elhuyer
鈾	U	1789	Klaproth
鉻	Cr	1797	Vanquelin
鉀	K	1807	Davy
鈉	Na	1807	Davy
硼	B	1807	Gay-Lussac
鋇	Ba	1808	Davy

鈣	Ca	1808	Davy
鎂	Mg	1808	Davy
碘	I	1811	Courtois
矽	Si	1822	Berzelius
溴	Br	1825	Balard
鋁	Al	1827	Wohler
釩	V	1830	Sefström
鉀	Rb	1860	Büsen
鎳	Ga	1875	Boisbaudran
銻	Sc	1879	Nilson
鍺	Ge	1886	Winkler
氫	A	1894	Rayleigh 和 Ramsay
氦	He	1895	Ramsay
氖	Ne	1901	Ramsay 和 Travers
鐳	Ra	1898	Curie
釷	Rn	1903	Rutherford

第二節 週期律的先導

在元素上做分類工作的人，要算拉瓦節最早了。在一七八九年拉瓦節的化學大綱裏，載有一個元素表，分爲四類：

- (一) 氣體或假定爲氣體的單質……光、熱、氧、氮、氫。
- (二) 非金屬可氧化成酸的單質……硫、磷、碳、鹽酸根、氟酸根、硼酸根。
- (三) 能成鹽類和土質的單質……石灰(Lime)、苦土(Magnesia)、重土(Baryta)、礬土(Alumina)、矽土(Silica)。
- (四) 金屬可氧化且成鹽的單質……銻、銀、砷、鉍、鈷、銅、錫、鐵、錳、汞、鉬、鎳、金、鉑、鉛、鎢、鋅。

在這三十三種單質中，光和熱當然不是元素，而石灰、苦土、重土、礬土也不是元素，就是後來發現的鈣、鎂、鋇、鋁的氧化物。

自十九世紀在原子量的測定上進展以後，化學家就注意到元素的性質和原子量的關係。首先作這種研究的人，是德國的杜蒲拉耐 (Dobereiner)，在一八二九年發現元素中每有三個元素相似，成爲一組，叫做三元素學說。每一組中，中間一元素的原子量，是其餘上下兩元素的原子量的平均數，所有的性質，也介於這兩元素之間。

$$\text{氯溴碘爲一組} \quad \text{溴的原子量} = \frac{35.46(\text{氯}) + 126.47(\text{碘})}{2} = 80.97$$

$$\text{硫硒碲爲一組} \quad \text{硒的原子量} = \frac{32.24(\text{硫}) + 129.24(\text{碲})}{2} = 80.74$$

$$\text{鋰鈉鉀爲一組} \quad \text{鈉的原子量} = \frac{7(\text{鋰}) + 37(\text{鉀})}{2} = 22$$

$$\text{鈣鋇鋇爲一組} \quad \text{鋇的原子量} = \frac{40(\text{鈣}) + 137(\text{鋇})}{2} = 88$$

三十年後法國的杜馬，又發現了很有趣味的原子量間數目上的關係，就是在一組性質相似的元素中，它們的原子量間有一定的公差，例如

鹵族元素組：

氟	原子量	19	19
氯	原子量	35.5	19 + 16.5
溴	原子量	80	19 + 2 × 16.5 + 28
碘	原子量	127	19 + 2 × 16.5 + 2 × 28 + 19

磷族元素組：

氮	原子量	14	
磷	原子量	31	$14 + 17$
砷	原子量	75	$14 + 17 + 44$
銻	原子量	119	$14 + 17 + 2 \times 44$
鉍	原子量	207	$14 + 17 + 3 \times 44$

在一八六〇年以前，元素祇有不完善的分類法，它的原因，就是原子量尚無準確的測定，到了康尼乍羅的原子量發表以後，各國化學家遂得藉以發現其中的奧蘊。英人牛蘭慈(Newlands)在一八六五年以二十八歲的青年，發表八音律(Law of Octaves)的理論：

『依元素原子量大小的順序，把它們排列起來，則第八個元素和第一個元素相似，第九個元素和第二個元素相似，每隔七個元素，就有一化學性質相類似的元素重復出現，好像音樂中的聲調，高一個八音度(Octave)一樣。』

他且把元素分作八豎行排列成表，每橫行七個而為性質相似的同組元素。這個表就是現代週期表的先聲。但一八六六年化學會在倫敦開會時，福斯脫(Foster)滑稽地問牛蘭慈說：“你曾依元素名字的第一個字母加以考察過否？”意思是嘲笑他依原子量的大小來排列元素，何不依元素名字的第一個字母來排列元素呢？

第三節 週期律的預言

八音律確也有缺點，就是沒有空位置來容納尚未發現的元素。此後四年(一八六九年)俄國的門得利夫(Dmitri Ivanovich Mendeleéff 1834—1907)根據八音律而加以變通，發表週期律，遂使化學上又創造了一個新紀元了。蓋沒有週期表，無法預知有什麼元素尚未發現，也不能預測它們的物理性質和化學性質，近代的原子構造學說也沒有背境來發展了。所以在一九〇七年門得利夫死的時候，相傳俄皇彼得去電安慰他的家族說：

『自門得利夫不幸去世後，俄國遺失了一位可愛的兒子，但他將永久為我們所紀念的了。』

門氏虬髯碧眼，相貌魁梧，脾氣古怪。據說他每年祇在春闈剪髮一次，在家時常穿一種自創式樣的便衣。雖見俄皇時，他也先要求讓他隨便穿什麼衣服，而且頭髮仍舊是不剪的。門氏嘗任化學教授凡三十年，乃提倡科學的大教育家，他說：

『我們現在用不着柏拉圖(Plato)，也可以生活，但要發現自然的祕密，並應使生活和自然的定律相和諧，必需有加倍數的牛頓(Newton)。』

他的著作甚富，一共有二百餘篇，而以“化學原理”(The Principle of Chemistry)一書，最為名貴。他最有名的“元素的原子量與其性質的關係”一文，最初是在一八六九年俄國化學會發表的；但在一八七一年更發表最詳細的一篇。論文裏指

門 氏 週 期 表 原 表

	Gruppe I. R ² O	Gruppe II. RO	Gruppe III. R ² O ₈	Gruppe IV. RH ⁴ RO ²	Gruppe V. RH ³ R ³ O ⁵	Gruppe VI. RH ² RO ³	Gruppe VII. RH R ² O ⁷	Gruppe VIII. RO ⁴
1	H=1							
2	Li=7	Be=9,4	B=11	C=12	N=14	O=16	F=19	
3	Na=23	Mg=24	Al=27,3	Si=28	P=31	S=32	Cl=35,5	
4	K=39	Ca=40	—=44	Ti=48	V=51	Cr=52	Mn=55	Fe=56, Co=59, Ni=59, Cu=63.
5	(Cu=63)	Zn=65	—=63	—=72	As=75	Se=78	Br=80	
6	Rb=85	Sr=87	? Yt=88	Zr=90	Nb=94	Mo=96	—=100	Ru=104, Rh=104, Pd=106, Ag=108.
7	(Ag=108)	Cd=112	In=113	Sn=118	Sb=122	Te=125	J=127	
8	Ca=133	Ba=137	? Di=138	? Ce=140	—	—	—	
9	(—)	—	—	—	—	—	—	
10	—	—	? Er=178	? La=180	Ta=182	W=184	—	Os=195, Ir=197, Pt=198, Au=199.
11	(Au=199)	Hg=200	Tl=204	Pb=207	Bi=208	—	—	
12	—	—	—	Tb=231	—	U=244	—	

明元素及它們的化合物的性質都可從週期表中的地位上預測，並且非常準確。門氏的週期表原表中有許多空位，就是預示未發現的新元素。他嘗預言了三個元素，並預測了它們的性質：第一個是類硼(Eka-Boron)，就是一八七九年聶爾生(Nilson)所發現的釷；第二個是類鋁(Eka-Aluminium)，就是一八七九年波斯班都朗(Lecoq de Boisbaudran)所發現的鎳；第三個是類矽(Eka-Silicon)，就是一八八六年溫克勒(Kurt Alexander Winkler)所發現的鎳。都和他的預言相符合，這不是很有趣而可怪的嗎？一八八九年他在英國皇家研究院演講時說：

『週期定律，第一，能使我們看見很遠未發現的元素，這都是前人難以用化學方法看見的。第二，這些新元素不知過後多久纔能發現，但它們所有的性質已預先顯在我們的眼前了。』

現在把門氏預言的類矽，和後來發現的鎳列表如下：

類矽 Es (1871 年 <u>門氏</u> 預測)	鎳 Ge (1886 年 <u>溫克勒</u> 發現)
原子量 72	原子量 72.3
密度 5.5	密度 5.47
原子體積 13	原子體積 13.2
色澤 灰濁	色澤 灰白
在空氣中加熱得白色粉末 EsO_2	得白色氧化物 GeO_2
和鹼類無顯著作用	和鹽酸無反應
和鹼類也無顯著作用	和鹼溶液無作用，但在熔融鹼類則氧化
用鈉還原 EsO_2 或 EsK_2F_6 即得	用炭還原 EsO_2 或用鈉還原 EsK_2F_6 即得
氧化物 EsO_2 耐火，密度 4.7	GeO_2 耐火，密度 4.703
$EsCl_4$ 液體，沸點在 $100^\circ C$ 以下，密度 1.9	$GeCl_4$ 液體，沸點 $86^\circ C$ ，密度 1.887
EsF_4 非氣態化合物	$GeF_4 \cdot 3H_2O$ 白色固體
$Es(C_2H_5)_4$ 沸點 $160^\circ C$ ，密度 0.96	$Ge(C_2H_5)_4$ 沸點 $160^\circ C$ ，密度稍低於水。

第四節 元素發現的慘事

在元素發現史中，要算氟的分離，是一種最悲慘的史蹟了。因為這種元素最為活潑，要從化合物中把它分離出來，實在是一種艱難而危險的工作。大衛和給呂薩克嘗做過試驗，都因吸入少許的氟化氫氣體，而受害很深。諾克斯(Thomas Knox)用螢石儀器也不能製得氟，且因受氫氟酸的毒，遭受很可怕痛苦，幾致於犧牲生命，休養了三個月纔得復原。盧益脫(P. Lauyet)雖完全知道諾克斯的厄運，但仍繼續做這種危險的工作，不幸即因此而致於死命。後來聶克來(Jerome Nickles)也遭遇了同樣的命運，真是元素發現史中最慘的一頁了。

這種難能的工作，到一八八六年始被法國的莫桑(Henri Moissan 1852—1907)所完成。起初他也經過了幾次的失敗，後來用乾燥的氟化鉀和無水氫氟酸為電解質，置於鉑製的U形管中，而以鉑銻合金為電極，外用氯甲烷冷卻。當電解時見有氣泡在陽極上逸出，用矽試驗，立即發火光，無疑地這就是氟。化學會指派帝布累(Debray)、弗雷姆(M. Fremy)和貝叟勒脫(Bertholet)三人組織一委員會審查這種發現，但莫氏在三委員前，竟手足無措的不能表演出來而宣告失敗。不過第二天他重新預備新原料，在委員會中完滿地表演成功了。莫桑為人和藹可親，有口若懸河的口才，和悅耳清心的聲調，談諧有趣的言詞。他在化學上的貢獻，除分離出氟外，還有兩種大發

明，就是一八九三年完成的人造金剛石的製造法，他用糖製成純碳，加於熔融的鐵中，再急速冷卻，用酸溶去鐵就得金剛石了。另一樣是電爐的發明。他曾利用電爐製得不少種類的稀有金屬，像鈾、鎢、釩、錳、鈦、鉬、鈣、鉍和鈦。電爐在現代的工業上，是無上寶貴的利器呢。

第五節 一封有趣的信

元素的發現，固然有些是出於偶然的，但是大都經過多年的困苦研究，多次的失敗，一旦中途廢棄，就要失却發現的機會，作“失之交臂”的後悔了。釩的發現，便含有這種意味的。一八三〇年德國的味勒 (Friedrich Wöhler 1800—1882) 分析墨西哥出產的黃鉛礦，斷定這礦中含有一種新元素，但他不幸的很，不久因生病沒有完成他的實驗。到明年瑞典的塞夫斯唐 (Nils Gabriel Sefström) 從斯馬蘭 (Smaland) 的塔布格 (Taberg) 礦洞中發現這種新元素釩後，味勒十分懊喪。他的老師柏濟利阿斯就寫了一封有趣的信去安慰他，信裏說：

『在我把這樣品寄給你時，我要先告訴你一段趣事。就是在北極的邊角，住有一個漂亮可愛的女神，名字叫做 Vanadis。一天有人來敲她的房門。這位愛幽靜的女神，一時懶得動手，正在裏面等待第二次的敲門聲，那知那位來賓一敲之後，就回頭跑去了。女神覺得有點奇怪，不能忍耐原有的靜態，就急急開窗向外探望，看是怎樣一個性急的人。呵！原來就是心燥

的味勒啊。他却有自失之過的，他如果在走過房門時，稍費心機注意到窗門，就可知道裏面有人，可以進來了。過後幾天，又有人去敲門，一次敲不開，仍繼續地敲下去，此時女神不能不去開門，來迎接這位耐心敲門的客人了。這位來客，就是塞夫斯唐。他們晤面以後，釩元素就隨之發生了。……釩是一種最不容易找出來的元素，因為它能和各種物質成爲穩定的化合物，就是矽，也能和它化合呢。現在可以說，祇有我一個人有純粹的釩，塞夫斯唐初做出的氧化釩，是雜有磷酸、氧化矽、氧化鋁、氧化鎢和氧化鐵等雜質的。』

味勒雖沒有發現釩，但是他在一八二八年用氯化銨的溶液和氰酸銀混合後，濾去所生氯化銀的沈澱，再蒸發濾液，原來希望製得氰酸銨，結果却是尿素。氰酸銨是無機物，尿素是有機物，從前認有機物是有生命的，不可以用人爲方法製造的。在這試驗裏，無機的氰酸銨因分子內部排列的變化，成爲有機物的尿素，遂開闢了自無機物製造有機物的路，打破了舊時的觀念，在有機化學上創造一個新紀元。這種發現比諸發現一個釩，不知要勝過多少倍呢。

第六節 晚出的惰氣

未發現的新元素，在門得利夫的週期表中，都有空位預示着。但是稀有氣體，却沒有這種預示。因爲門氏的週期表並沒有零類一行，這也可說是稀有氣體所以晚出的原因之一吧。在

一七八三年卡汾狄士早預言過空氣中含有一種未知氣體。因他用電火通過氧和空氣的混合物使之爆發製取硝酸的實驗時，再用鹼液去吸收後，無論怎樣結果總有一部分“火質空氣”剩下來，這遺留的氣體不及“火質空氣”全量的 $\frac{1}{120}$ 。但是這種實驗，經過了百餘年，都未嘗引起化學家的特別注意。直等到一八八二年英國的累力 (Robert John Strutt, the Third Lord Rayleigh 1842—1919) 開始研究淡氣的比重時纔想起來。他實驗由氮製得的氮，和由空氣中除去氧、二氧化碳氣和水蒸氣後所得的氮，測量它們的密度，總有差異，前者總比後者要輕千分之五。後來雷姆賽 (Sir William Ramsay 1852—1916) 把由空氣中取得的氮反復通過灼熱的鎂，總剩下少量氣體，是原有體積的 $\frac{1}{80}$ ，它的比重是原有氮的 $\frac{15}{14}$ ，最後又測得這氣的密度為 19.086。累力和雷姆賽初尚信為是一種變態的氮，和氧與臭氧關係相似。但考察它的光譜時，見有一羣紅和綠的輝線，而為別種氣體所沒有的。雷姆賽寫信給累力說：

『你會想到週期表上第一行中有氣體的位置麼？』

所以一八九四年英國化學

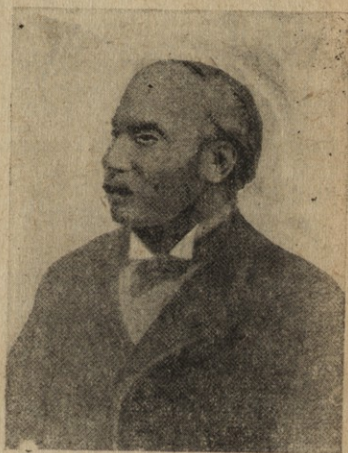


圖23 累力 (Rayleigh 1842—1919)

會在牛津 (Oxford) 開會時，雷姆賽和累力發表空氣中所含有新元素第一種惰氣後，驚動了當時在會的會員了。這氣體名稱，遂由這會的主席馬登(H. G. Madan)的提議，叫做氩(Argon)，就是懶惰的意思。自氩發現以後，便陸續地發現氦、氖、氙、氡稀有氣體，完成了週期表中的零類。

下編 近代化學的進展

第一章 應用化學的興盛

第一節 煤焦油的子孫

古代人類生活，被自然環境所支配，但自近代科學發達以後，人類已可改變自然環境了。乾餾煙煤時，可得煤氣、煤焦油、氨，和剩下的焦煤。煤焦油是一種色黑而有惡臭的黏滯性液體，在不到百年之前，煤氣工廠要化很多的錢，把它拋棄到郊外，視為可厭的廢物。但是現在却相反地看作無上的寶貝，是染料、醫藥品、香料，和炸藥等的原料惟一庫藏，像斯羅生 (Slosson) 所說的“幸運神的奇幻袋”了。這種非地殼礦床的開發，是一八五六年英國的裴金 (William Perkin 1838—1907) 所開創的。原來一八一五年法刺特發現煤焦油中含有苯，後來一八四五年霍夫曼 (August Wihelim Hofmann) 也得相同的發現。裴金是霍夫曼的學生，十七歲時受霍氏的指導，研究金鷄納霜的製法，起初用甲苯失敗，後來改用不純的苯胺，加鉻酸鉀使它氧化。因為實驗未有結果，失望之餘，感覺疲勞，就把實驗所用的藥品溶液，整個的傾棄於玻璃瓶內，那知即在這短時間內，呈現一種使他也為之驚奇的美麗顏色，在玻璃瓶的底下發生了黑色的沈澱物。於是他從此着手研究，就發明了苯胺紫 (Mauve) 的染料，這就是煤焦油的第一個子孫。自此而後

，遂衍成了今日人造染料製造的興盛了。

古代各國多種植茜草，因為從茜草的根上可得一種鮮麗的紅色素，叫做茜素或土耳其紅，可做紅色染料。到一八六九年葛勒伯 (Graebe) 和李波曼 (Lieberman) 發明用煤焦油中所提出的蒽 (綠油腦) 為原料製造茜素的合成法，這是繼苯胺紫而起的煤焦油衍生物。從此農業上的天然染料，遂一躍而為工業上的合成品，在工業化學史上乃放一異彩了。

靛藍是從天然靛草中取得的一種藍色染料，昔時在中國、印度，種植極廣，執染料中的牛耳，已歷三千年之久，但在今日這種農產物已被廢棄了。首先起而作藍靛製法的研究者，是德國的拜耳 (Adolf von Baeyer, 1835—1917)。他自一八六五年起，經十五年的研究，竟獲得成功，並發表藍靛的結構式。但因所費太高，尚不能替代天然的藍靛。到一八九〇年德人賀孟 (Heuman) 發現從萘 (焦油腦) 製造藍靛的方法，復由德國巴蒂塞公司 (Badische) 聘請專家研究歷二十年之久，始完成用萘為原料的工業製造法。這裏面傳有一段趣事，原來由萘製造藍靛，必須先把萘氧化成苯二甲酸，雖用濃硫酸加熱，這反應仍然進行很慢。一天正在做這種試驗時，化學專家回家午餐，等回來後發現所得的苯二甲酸特別多，就詫異起來，再三考問助手，始知曾用溫度計攪動過萘和硫酸的熱溶液，不料那溫度計忽然中斷，管中水銀有些落於液中，這就是使出產物特別加多的原由。從此工業上製造藍靛，就用汞為

觸媒了。這種合成藍靛的成分，完全和天然藍靛一樣，且品質的純粹，却遠勝於天然藍靛。近今利用煤焦油為原料製造的染料，已不下數千種之多了。

合成染料既得實現，合成藥品遂接踵而起。德國的開諾爾 (Knorr) 發現可解除傷風發熱兼治頭痛和風濕痺症的安替比林 (Antipyrine)，開苯胺製藥的先河。一八一四年德人柯柏 (Kobe) 發明用煤焦油中的石炭酸(酚)製成水楊酸。迨一九〇四年拜耳 (Baeyer) 用水楊酸和醋酐加熱蒸餾，製得阿司匹靈 (Aspirin)。自後用煤焦油中提出的成分製成的醫藥品，逐有發現，現在為數已是很多的了。

第二節 纖維素的新用途

織布造紙，是從來植物纖維素的惟一大用途，但化學研究的進步，遂使植物纖維的應用領域，大為拓展，今日的無烟火藥、賽璐珞塑料、人造絲、電影軟片、透明紙、快乾噴漆、酒精，都已成為植物纖維的製成品了。這種纖維素運用領域的拓展，最先開始的，要歸功於硝化纖維的發明，這是法人潘萊祖 (Pelouze) 所貢獻的。潘氏在一八三五年發現棉花浸於硝酸中，取出乾燥後，形狀如舊，在空氣中燃燒，並無灰燼。到一八四六年瑞士人蕭拜因 (Schönbein) 改進製造的方法，造成火藥棉，遂以無烟火藥之名而登於戰場之上了。硝化纖維的轉變運用方向，而入於工業品上，時在一八六九年。美國同姓赫脫 (J

W. & I. S. Hyatt) 的二人，發現把硝化纖維置於閉器中，和樟腦、酒精混合加熱，硝化纖維即脹大而溶解，所得的黏性產物，狀像麩醇，可碾成薄片，待酒精蒸發後，就變為堅韌易塑的硬質固體，得任意切割刻鑿加以機製，溫度稍高即全體軟化，變為黏質，可任意塑成各種形像的物體，這就是所謂賽璐珞塑料的製成品。一九二二年以前，汽車工業上所用的塗料，是含有亞麻仁油或別種油的假漆，賴緩進的氧化而乾燥，故費時須達三星期之久。迨硝棉噴漆出世以後，數小時內即可完成。這種噴漆，是把硝化纖維、樹脂，和塗料溶於乙酸丁酯或別種酯類中造成。乾燥既很快，且當溶劑蒸發後遺留的薄膜，光滑美觀，堅牢難脫。在一九二三年開始問世。

我們用絲製衣，已有五千年的歷史，但時至今日，人造絲已充斥市場，大有奪取而代之的趨勢了。最早發明的人造絲製造法，就是用硝棉為原料的。遠在一八五五年英人奧特瑪 (George Audemars) 首先獲得用硝棉來製人造絲的專利權。但硝棉遇火立起燃燒，這種人造絲並無實用。到一八八三年英人史溫 (Joseph Wilson Swan) 始發明脫硝方法，於是一八九一年法人沙唐納 (Count Hailaire de Chardonnet) 遂採用史溫 方法製成商品叫做派羅西靈絲 (pyroxylin)。人造絲的製造方法有四種，而以維斯膠 (Viscose) 製絲法最為重要，這是英人柯羅士 (Charles Frederick Cross) 和貝文 (Edward John Bevan) 所發明。把棉花浸於氫氧化鈉溶液中，再使之和二硫

化碳發生作用，遂變為膠黏狀的產物，叫做黃酸纖維素鈉，把這黏液壓過小孔吐出而入稀硫酸中，則凝固成絲狀，而仍變為纖維素，和真絲極為相似。這種維斯膠還可製成透明紙，用以包裹糖菓、雪茄，和食物，商業上叫做賽羅仿 (Cellophane)。一八九七年德人波利 (Hermann Pauly) 發明用棉纖維溶於氫氧化銅的氨溶液中，然後壓過小孔，再通過稀硫酸溶液，使酸和纖維中的銅反應而消除銅質，也得純粹纖維的人造絲，但費用較貴。人造絲的最新製造法，叫做醋酸纖維法，它的成品是纖維的衍生物，和上述三法所製的再生纖維是不同的。賽璐珞塑料極易着火，處置偶一不慎，就要釀成火災。醋酸纖維塑料却是不燃性的。最初照相和電影的軟片，是用硝化纖維製成，乃美人伊斯脫蒙 (George Eastman) 所發明的，現在已改用醋酸纖維來製造。所以自醋酸纖維發明以後，漸侵奪硝化纖維的地位而代之。

第三節 橡皮的改造

橡樹產於南美洲、非洲等地，為量極富。從橡樹流出的橡膠液，初為一種白色濃稠液體，露於空氣中即變黑，受熱即變軟，冷則復變硬而易碎，故在夏天質軟而性黏，在冬天則幾堅硬如鐵，無甚大用。一八三九年美人古德異 (Charles Good Year) 發明加硫法以後，纔一躍而為製造交通工具的要素。生橡皮和硫黃混和加熱至 140°C ，則它的性質便變為堅韌而強

固，穩定耐久而更有彈性，適宜於製造車胎，和橡膠物品了。若硫黃的用量達30%，則變為硬橡皮，也是一種硬質的塑料。

橡皮受劇熱後，即變成半松油精 (Isoprene)，適為橡皮分子的一半。一八七九年法人鮑嘉特 (Gustave Bouchardat) 發現通氯化氫於半松油精，得到一種極似橡皮的物質。一八八二年英人鐵爾頓 (Tilden) 通松節油蒸氣經過紅熱之管，而得半松油精，於是就開了人造橡皮的先河。

一九一〇年英人馬太漢斯 (F. E. Matthews) 發明用金屬鈉為催化劑，加熱半松油精，能在很短的時間內，聚成人造橡皮。方法雖已改進，但成本仍舊很高，不能和天然橡皮抗衡。

一九二四年紐蘭特 (J. A. Nieuwland) 發現把乙炔通入氯化銨和氯化亞銅的飽和溶液中，得一味甜而有刺激性的氯丁二烯，能自動聚合而成橡皮狀的物質，在商業上叫做杜匹靈 (Duprene)，堅韌和彈性既較橡皮為好，對於水和油的透入或因氧及日光的作用而損毀的抵抗力，也較橡皮為勝。工業上尙未能合成價廉的真正橡皮，但在特殊情況時期，天然橡皮供給不及，也足可取以代之了。

自十九世紀中葉以來，嘗經種種試驗方法，探求硬化橡皮的代替品，迄未成就。英人牛頓 (A. V. Newton) 發現把橡皮膠液浸於氯化硫溶液中，可得硬化橡皮。但質極不穩定，且略加熱即失去所含的氯。後來改變計劃，把橡皮膠液氯化，

雖所得的氯化橡皮大異於所希望的硬化橡皮，但這種氯化橡皮也可取爲別用。製造氯化橡皮的困難點，在直接加氯於橡膠液，立即起凝固作用。英人白倫菲爾（Bloomfeld）和法爾摩（Farmer）發現含有氯化鈉的次氯酸溶液和橡膠液混合，橡膠液可不起凝固，由是可製成氯化橡皮。氯化橡皮具有特殊的優點，不受酸、鹼及各種氧化劑的侵蝕，也不受氧、氯、二氧化碳的作用；不吸收水分，也不受水的影響；雖遇着火焰，也不起燃燒或熔化。氯化橡皮的主要用途乃製造油漆。所造成薄膜乾燥迅速，光潔美麗，現在已漸取代硝化纖維和醋酸纖維的地位了。

第四節 炸藥的罪惡

炸藥是殘害人類生命，破壞物質建設的惡魔，但是我們要是沒有它，也就失了自衛的力量。在諾貝爾獎金裏也有一分獎給嘗竭力地或有效地促進國際親善，廢除或裁減軍備，以及倡導和平的人，就是這個用意吧。炸藥的始祖，當推黑色火藥，是二千年前中國所發明的。西洋之有火藥，大概在十三世紀之初，據說是元朝攻波斯的時候傳過去的。這種黑色火藥，現在祇用來製造燄火、爆竹，在軍事上已被淘汰而流入落伍之途了。無烟火藥是十九世紀中葉纔出世的，瑞士人蕭拜因（Schönbein）在一八四六年發現棉花浸於硝酸和硫酸的混合液中，變成三硝化纖維，可以爆發，取名爲火藥棉，各國嘗試用以製軍

火，但因易於發生自然的爆炸，不久就被廢棄。到後來范倫克 (Von Lenk) 證明硝化纖維自起爆炸的原因，是由於製造時未把遊離酸完全除去所致。一八六五年阿貝爾 (Abel) 改良了製造方法，纔可做軍用炸藥之用。一八八六年法人費易萊 (Paul Vielle) 試驗火藥棉和低級硝化纖維溶於酒精和乙醚的混和液中所成漿狀物，在醇和醚蒸發之後，就成角狀物質，燃燒時快速而均一，由是遂成軍用上著名的無烟推射炸藥了。

諾貝爾獎金，是最著名而最榮譽的科學獎金，可說世人很少不知道的。據說這種獎金的由來，是諾氏因發明硝化甘油炸藥以後，開了軍火工廠，獲致巨富，後來他感覺到自身對於人類既沒有做了有裨益的貢獻，反而造成殘害人類生命的炸藥，爲着表示懺悔，所以在一八九五年，即他逝世前一年，預先立了遺囑，把財產變賣作爲基金，以利息作獎金，每年分配一次，獎給在過去一年內對於裨益人類在物質上貢獻最多的人。獎金分爲五種，就是物理、化學、生理醫學、文學，及有功於和平的。這種獎勵，確於近代科學進展上發揮了很大的效力。按硝化甘油，早在一八四七年意大利人蘇勃萊羅 (Sobrero) 用甘油作用於硝酸而發現的。因爲過於容易爆炸，當時並沒有實際應用。一八五九年瑞典人諾貝爾 (Alfred Nobel) 始同他的父親和兄弟研究製造軍用炸藥。他們於一八六四年在斯土克好耳 (Stockholm) 地方試驗，旋遭失事，竟致工廠炸壞，他的兄弟被炸而死，他的父親也受了傷，也未能醫好。但是諾貝爾

却不灰心，仍竭力研究，探求怎樣可使安全的方法，終於在一八六六年得到多孔質的矽藻土做吸收劑，於是翌年就有猛炸藥 (dynamite) 之名而出演於戰場之上了。一八七五年諾氏又偶然發現硝化甘油和火藥棉相混和，就變成稠黏狀的膠體，復造成所謂轟炸膠體 (Blasting gelatin)，使戰爭的表演，爲之愈爲慘烈了。

苦味酸是一七七一年烏爾夫 (Woulfe) 首先發現的，杜馬 也研究過，因爲它有苦味，遂取名爲苦味酸。後來勞倫特 (Laurent) 復證明是石炭酸的衍生物，一直到十九世紀都是用作絲毛的黃色染料。一八七一年史潑倫琪爾 (Sprengel) 和杜平 (Turbin) 始倡導用爲軍用炸藥，但到一八八五年法人 纔用高度炸藥以製造炸彈。

T. N. T. 是三硝基甲苯的縮寫，乃一八八〇年赫拍 (Hepp) 用甲苯作用於硝酸而發現的。因爲它沒有酸性，熔點很低，安全而不受普通震動起爆發，較苦味酸爲優，各國咸研究製造，在前次歐戰中運用很廣。填充炸彈的 amatol，就是百分之二十的 T. N. T. 和百分之八十的硝酸銨的混合物。

第二章 化學革命

第一節 放射性元素的發現

鍊金術是絕對不可能的夢想麼？原子可以再分麼？原子又是什麼組成的呢？在十九世紀初年所創說的原子學說，是認為原子不可再分的，但是到十九世紀末年發現陰極射線和放射性元素之後，舊的原子觀念已發生動搖要被打破了。

新原子的觀念，是發軔於由陰極射線而發現的電子。一八七〇年英人克魯克司 (William Crookes) 首先作真空放電的試驗。在一八七九年他把真空中的壓力減低至千分之一厘米以下，通以高電壓的電流，發現陰極放射出一種特殊光線，並取名為陰極線 (Cathode ray)。到一八八一年英人湯姆生 (J. J. Thomson) 才說明這陰極線是荷陰電的粒子從陰極上放射出來所造成。這種粒子是最早發現的荷電粒子，遂在一八九七年取名為電子 (electron)。這是電子發現的經過。

一八九五年德人倫琴 (Röntgen) 發現陰極射線衝射於金屬片上，更生一種新光線，不知其故，因稱之為X光線。法人柏克勒爾 (Bacquerel) 是素以研究螢光久享盛名的，在一八九六年看見發生X光線的玻管，常有螢光現象，以為一切螢光物體或許都能放射出和X光線相同的光線，他先把鈾的化合物放在黑紙包好的照相乾片上，再放在日光中，發現鈾鹽能使乾片起變化，好像X光線一樣。但不久他又偶然的找出，雖然鈾不放

在日光中，即在暗處鈾鹽也有同樣的這種作用。於是他的眼前突然展開了一個大門，使他走進前人所未曾踏過的一大祕境。根據多次的試驗，證明各種鈾鹽都能放射出一種特殊光線，且都能起同樣的作用，感光的強弱則視化合物中所含鈾的多少為比例，並且發現這種光線能使空氣電離成游子。從此便豎起了放射性的旗幟，於是化學上空前絕後的大革命，遂先二十世紀而開幕了。

科學的發明或發現，當以獲得諾貝爾獎金為最榮譽。居禮夫人 (Madame Curie) 以一個女子竟得到這種獎金兩次，不可謂非希世的女傑吧。一八九七年居禮夫人察知從來用以提取鈾的主要原料瀝青鈾礦石的放射性，比較提取出來的純鈾還要強，因此認為天然鈾礦中當尚有未被發現而效力更強大的新物質。結果她終於從鈾礦裏提取得具有比鈾強二百萬倍的放射能的新元素——鐳。要知道鐳在瀝青鈾礦中祇有千萬分之一二，從二百噸這種礦石中，祇能提取出鐳一克，這是一件多麼困難的事啊。但是一九一〇年居禮夫人居然用水銀電極電解氯化鐳取得金屬鐳的單體。



圖24 刺得福德 (Rutherford 1871—)

它是一種具有金屬光澤的金屬，性質類似鋇元素。鐳之最可驚奇的性質，乃是它能自發光，放射出三種不同的放射線，叫做 α —線， β —線， γ —線。第一種 α —線的穿透力和感光力最弱



圖25 索得 (Soddy 1877—)



圖26 法賈斯 (Fajans 1887—)

，穿過 0.00005 厘米的鋁片，它的強度就減弱一半，速度也最小，每秒 20000 哩，它的進路可被磁場或電場所彎曲，而趨向陰電場，現在已證實了荷有二個單位的陽電，具有 4 倍氦原子的質量，是氦的原子核。第二種 β —線，和陰極線相似，是負有陰電的電子所成。它的穿透力較強，穿透 0.05 厘米厚的鋁片，尚不失其一半的強度，速度也較大，約為每秒十萬哩，進路被磁場或電場所彎曲的方向，和 α —線相反，但曲折更甚，這是因它的質量祇有 α —線質點的 $\frac{1}{7400}$ 的原故。第三種 γ —線却不是實在的微小質點所成，而是一種能媒的波動，不因磁場或電場而使它的進路彎曲，和 X 光線相同。速度和光速相等；穿透力極大，固能透過皮膚肌肉，就是 80 厘米厚的鋁片還不能使它減弱一半，即

使通過幾吋厚的鉛，幾呎厚的鐵，仍是顯然存在的。一九〇一年柏克勒爾偶然把盛着鐳鹽的小玻管，放在背心袋中數小時，那靠近鐳處的皮膚發痛，紅腫了許多時日才好，這就是鐳用來醫治癌症的來由。

第二節 原子的蛻變

一九〇〇年刺得福德爵士 (Ernest Rutherford) 開始作鈾的放射性的研究，由此進展，遂成立了原子蛻變的學說，在化學上又開了一新紀元。他觀察鈾不絕的發生一種仍有放射性的氣體出來，他取名爲鈾射氣 (Thorium emanation)。他又把這氣體封固在一個瓶裏，看見瓶壁上附有一層仍有放射性的沈積物，若把帶陰電荷的絲懸在這氣體的瓶中，則所發生的沈積物就全部的附着在這絲上。根據這種現象，一九〇二年刺氏和索得 (Soddy) 就發表原子蛻變的學說：

『原子並不是不可分割的，而是構造極複雜的集合體。不過原子內部的結合力，遠過原子和原子間的結合力。所謂放射性物質的原子，內部的結合力比較地欠牢固，所以不安定，它們會不絕地發射光線出來，起爆發性的分解，以很大速度射出 α —線和 β —線的質點，原子自身留下來的，變爲其他一種新元素的原子。』

鐳也會發生鐳射氣。一九〇三年拉姆塞和索得研究得鐳射氣 (Radium emanation) 和普通氣體無異，他取名爲氡 (Niton)

，是取發光的意義。他們又觀察到鐳射氣在幾天後就消失，忽然有氦發生出來，無疑地氦是鐳射氣的生成物了。同年拉氏試驗得鐳射氣不僅發生一種氦，還有別種的有放射性的沈積物，叫做 RaA，RaB，RaC，RaD，RaG 等等。這就是鐳原子爆發而變為另一新元素的原子的證明。於是一九一三年索得和德人法瓊斯 (Kasimir Fajians) 發表放射性元素的放射性對於週期表上位置關係的理論：

『放射性元素放出一 α 質點後而得的新元素，它的原子量較小於它的母體元素四單位，在週期表中占母體元素左方第二位。放出一 β 質點後而得的新元素，原子量無變化，陽電荷增加一單位，位於母體元素右方第一位。』

依這種理論，則以鈾和釷為起點的放射蛻變系統如下圖：

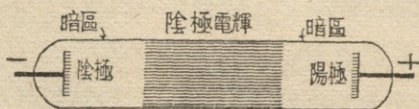


圖27 以鈾及釷為起點的放射蛻變系

這些放射元素放射結果，最後大概都蛻變成鉛。我們舊時對於原子的不可再分，和元素不變的堅定信念，終於被這種發現而崩潰了。從前我們曾譏笑古代那些鍊金術士的祈求點鐵石成金銀，為愚笨的夢想。今日放射性元素的發現，不是對這種奧幻的境界，已開掘了一個大門麼？

放射性元素的蛻變作用，是自然地發生的，不是人力所能

阻止而左右的。但是到一九三三年法人佐里奧(Frederich Joliot) 竟發明人造放射性。各種輕元素像鋁、硼、鎂的原子核心，都可以用 α 質點或陽電子或中子衝擊之，叫它變為他種元素。當原子核受這些質點衝擊後，原子核中心暫時起了擾動，於是放出人造放射性線，好像流星火花陸續爆炸。自受衝擊開始以至擾動終止，經一相當時間，在這時間內放出放射性線，這種現象叫做人造放射性。最近在人造放射性研究上，有卓越成功的，為放射性鈉，又稱人造鐳。其實是氯化鈉經放射性化後(Radioactivated)，就能發出射線。一九三五年美人羅蘭士(Ernest O Lawrence) 發表用磁性加速器把重氫質子衝擊食鹽，就成放射性鈉，能在十小時內造成 10,000 千兆個放射鈉原子。此數看起來好像很大，實則為量很微。但在15小時的生命過程中，它的放射力，已足抵50毫克的鐳，在費用上可謂低廉之至了。

期限卡

92

Date Due

	Date Due	
(一) F	68. 6. 4-	& Co.)
(二) F	68. 6. 17	fill)
(三) F	69. 5. 7-)
(四) F	76. 8. 3	
(五) 代	借借到期 76. 8. 17	
(六) 代		
(七) 代		
(八) 代		
(九) 最		
(十) A		



著者
Author

吳瑞年

書碼
Call No.

540.9
130

書名
Title

化學史

登錄號碼
Accession No.

090471

月日 Date	借閱者 Borrower's Name	月日 Date	借閱者 Borrower's Name
1 21	林玉祥 W 671871		
3 26	張榮發 (667157)		
8 3	張榮發 (667311)		

民國三十七年一月發行

國立政治大學圖書館

書碼
540.9
130

登錄號碼
090471

中華文庫

局 版 杰 威 年



39

