

新 中 學 文 庫

化 學 發 達 史

黃 素 封 編



商 務 印 書 館 發 行



自然科學小叢書

化學發達史

黃素封編
曾廣方校

王雲五 周昌壽 主編

商務印書館發行

國立虎尾高級中學圖書館典藏

由國家圖書館數位化

科學家絕不希望做一個民族的英雄。他所要的——也是他應得的——只是一般人對於他的工作的瞭解和尊重。

葛利普 (Grabau) 先生

在中國科學社年會的演說。

序

去年秋商務印書館準備發刊萬有文庫第二集，約我爲這集文庫編一本「化學發達史」，限五萬言，定今年一月交稿。當初我本擬將我國古代有關化學的史實，如冶金和煉丹等項，詳爲搜集，考訂正僞，再與古代阿拉伯和歐洲的化學史料，混合排比，寫成通史。後來在麈集和考正我國的史料上，發生種種困難；若按原擬計劃做去，必爲時間和字數所不許——致躊躇多日，未能正式起草。我個人的學力不容我在短期間完成這種企圖，自然也是一種原因。結果，就把這個計劃暫時拋棄了。

這本寫成的化學發達史，所取材料，除別有參考之外，多採自馬許 (March) 氏著之化學的起源和生長 (*The Origins and Growth of Chemical Science*) 一書。馬氏爲英國人，故其書所收英國材料特多；且對史實的批判，甚至有爲英國做宣傳的地方。編者爲使本書材料平均和立論正確起見，曾將馬氏原書，變動頗多。至於我國方面冶金和煉丹等等史實，本書未克討論；待將來空暇

的時候，當再用專書敘述。

本書屬稿之初，曾得周頌久（昌壽）先生多方指教；稿成之後，又蒙曾廣方博士校正一過，並揀選插圖多幅；中央研究院上海化學研究所的湯元吉先生曾爲本書附錄代查近五年來諾貝爾獎金之化學方面的得主；上海徐家匯天主堂圖書館長徐潤農神父曾爲本書解釋兩處拉丁文引用語；同學俞人駿兄，滬江大學理學士，曾介紹編者到上海自然科學研究所的中央圖書館參考本書引用文獻的原本——他們的隆情高誼，令我十分心感，謹附此致謝。

本書成於倉卒，遺誤之處，自然難免；倘蒙閱者賜函匡正，十分感幸！

一九三五年二月十五日銅山黃素封

誌於真如農村。

目錄

第一章	火的學說史·····	一
第二章	物質改變和鍊金術史·····	二五
第三章	成鹽學說史·····	五四
第四章	氣體固定方法史·····	七一
第五章	原子學說史·····	八五
第六章	原子和離子史·····	一〇三
第七章	元素發現史·····	一一七
第八章	分子構造學說史·····	一四三
第九章	分子中原子連結學說史·····	一七一

附錄一 諾貝爾氏與近代化學·····	一八一
附錄二 本書所舉人名表·····	一九四

本書附圖目錄

- 一 拉瓦錫氏夫婦同在實驗室內工作肖像（拉氏作實驗，夫人筆記；該圖係從巴黎拉氏雕像下所附的浮雕〔bas-relief〕攝來）（對裏封面）
- 二 波義耳像（曾廣方博士借用）……………一七
- 三 巴拉塞爾士像（採自岡田古典文庫收像，曾廣方博士借用）……………四七
- 四 梅猷像（採自岡田古典文庫，曾廣方博士借用）……………七五
- 五 道爾頓像（同上）……………八六
- 六 門得雷業夫像……………一〇五
- 七 居禮夫人像（採自兒童世界三十三卷七號的附圖）……………一〇七
- 八 徐萊像（採自岡田古典文庫，曾廣方博士借用）……………一三九
- 九 杜馬像（同上）……………一五三

一〇 刻古來像..... 一七二

安

中

本書附表目錄

表一	道爾頓氏原子符號的原表圖形。·····	九〇
表二	門得雷業夫氏週期表的原表圖形。·····	一〇六
表三	鈾鋼釷三系放射元素之關係表。·····	一〇九
表四	元素的核外電子在軌道上配列表。·····	一一二

化學發達史

第一章 火的學說史

從上古一直到十八世紀，關於物質組成的觀念，都不外一個基本的原理，這原理是根據火的破壞作用而產生的。牠的內容，就是說「可燃的物質」是合體的，或稱複雜物；而「燃過的物質」是簡單的，或稱元素。根據這個原理所產生的火之學說，計有下列四種：

- (1) 希臘亞力士多德的四元素說；
- (2) 討論金屬組成問題的鍊金術學說 (alchemical theory)；
- (3) 討論根本原質 (hypostatical principles) 的藥物化學的學說 (iatrochemical theory)；

(4) 燃燒素學說 (phlogiston theory)

我們如果要想徹底瞭解這四種學說，必須首先記牢下邊的兩件事：

第一、這些學說都是以火的破壞作用做根據的；

第二、他們所稱的元素，都是能抵抗火的作用的物質。

十八世紀以前研究化學的學者，都認為火是化學變化的骨幹，甚至相信牠是一種物質，因而形形色色的關於火的學說，接踵而起。直至十八世紀，法國大哲拉瓦錫 (Antoine L. Lavoisier) 氏苦心實驗之後，纔把以前各種火的學說推翻，而建立了所謂之「現代化學」(modern chemistry)；從此這門學科纔走上真正科學的大路，而在無形之中才替人類增加了無量的福利。

在拉瓦錫生前一百年，英國有位名叫波義耳 (Robert Boyle) 的哲人，發覺鍊金術學說家 (alchemists) 和亞力士多德學說家 (Stagirists) 兩派主張的錯誤，便給他們一個不偏不倚的批判，結果遂搖動了一般學者對於火的學說的信仰。就現代化學所論及者而言，火的作用是化合的，而不是破壞的，所以以前種種火的學說都沒有存在的餘地了。不過我們若把他們所討論的

「燃燒力的消失和復原」，以及「燃燒力能自一個燃燒體轉移到另一個被燃燒體上」等等問題，加一番考索，便不難瞭解以後關於氧化 (oxidation) 和還元 (reduction) 兩種作用的應用，都是得了他們大助力的！

雖然在拉瓦錫氏以前，引導化學的，不僅是火的各種學說，以外如溶液 (solution) 問題也是十分重要的。十七世紀所發生的「成鹽學說」 (salt-formation theory) 就是從溶解方面研究出來的；可知前人對於溶液問題，一定老早注意到了。

所謂成鹽學說，就是說「鹽乃是由酸和鹼兩種物質而造成的」，這種學說以後一再地經過拉瓦錫氏補充和其他各位學者的修正，發榮滋長，蔚為大觀，中間絕未被人廢棄過。直到現在，成鹽學說依然是一種能引導學者前進的原理；因此我們可以說，化學在發明了成鹽學說以後，纔逐漸成一種真正的科學，在這時以前不過只是一種技術罷了。關於成鹽學說的歷史及影響，以後當於第三章中細述之。本書並擬將古代成鹽學說的意義，以及成鹽學說和現代化學的關係，加以研究。不過成鹽學說不如火的學說更古，本書是以史的線索而敘述化學發達之過程的，故先從火的學

說講起。

最初的各種發明、思想、學說和工藝，凡是關於化學方面的，都與火有關；推其源，當在人類有史以前。雖然火的各種學說，沒有一種能永久成爲一部分科學的，可是牠們的勢力，卻一直傳到十八世紀的後半葉。我們若把火的各種學說的意義歸納起來，而求出其發軔點，便可發見這一般學者都是承認「火能把一切的化合物分成元素的」。這些學說雖然在現今沒有一種能够存立的；但有幾種和牠們有關係的思想，卻依然爲現今科學的一部分。譬如自然界的勻一理論 (uniformity) 物質的不生不滅論，化合物和元素的理論，原子說，以及引起糾紛最多的物質改變論 (transmutation) 等等。

火是人類有史以前的發明物，沒有記載流傳後世，所以牠的發明人和發明時代，都無從考查。就是最初人工生火的方法是怎樣發明的，也沒有記載了。總之，世界各處的人民自從有史以來，都很瞭解火的用法，就是現在住在荒島地角上文化極幼稚的原人，也都知道用火。不過人民知道用火的方法，決不在同一個時期，這是根據文化史迹而我們可以斷言的。大概知道用火較早的民族，

當然比較不知道的民族，或知道較遲的民族，在勢力和文化上都要高些。事實或許是這樣的，人民知道用火法的時期，比較知道生火法的時期早得多——因為人類最初所有的一把火，或來自火山的噴發，或源於雷閃的電擊，不一定是由他們「生」起來的。據說人類知道用火，至少在二萬年之前，但「生火」則在其後。據人類初期歷史的記載，世界各國的民族，雖然都很熟識了火的「動靜」和牠的用法，但是「不見得」每一個民族都曉得造火的方法。英國人類學大家泰耳 (Tytor) 氏對於原始的塔斯馬尼亞人 (Tasmanians) 有一段記載，他說他們徒知用火的方法，而不知生火，這是可以佐證的。不過，無論如何，在沒有發現燐，沒有發明火柴以前，人們要生火終是很麻煩的；因此古人把練習保持燃燒（或火種），使火焰永遠不滅的工作，成爲社會上重要事業之一。埃及人在每個廟內，長燃着一盞燈，而波斯、希臘、羅馬的人民，也在每一個城市和村落內，也長燃着一堆火。有時且把火運送到很遠的地方，甚至越海而送到海島上去。希臘人在敬拜火神如盜取天火神 (Prometheus) 金工神 (Hephaistos) 和守護神 (Athena) (註1) 之時，有一種「傳遞火把的接力賽」；這種競賽的來源，或許就是從前人民把火炬很快的由這村搬到那村的遺迹吧。

人們在還不會知道怎樣使用火的時候，一定早已看見火了。譬如電光的閃耀和火山的噴裂，此種火祇會予人以恐怖，而不能使人們去親近牠，去利用牠。並且存在的時間也不能過久。但世上也有在某種環境之下發生的火，不但不會使人恐懼，而反能使人去利用牠。例如裏海西岸巴庫 (Baku) 附近的天然火，在有史以前，早已燃着了，直到現在。在美索不達米亞和其他各處，也有類似這樣的大發現。這種火最初是怎樣燃灼的，已不可考；或許是由電光等天然媒介而燒起的。亞諾爾特 (A. Arnold) 氏在一八七五年到巴庫 (Baku) 遊歷；在他的遊記裏，他說：

『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。』

世上最古的崇拜物，種類頗多，但是火乃其中之一。

韓威氏 (Jonas Hanway) 在一七五一年出版一本高加索山域旅行記 (Travels in the Caucasus)，其中曾描寫過一般拜火教徒 (Guebans) 所稱的「長生火」，他說：

『那邊一片二哩周圍的土地，有一種令人望之驚奇的特點，你如將地面的泥土掘去二三吋，

然後再把一塊燃灼的煤炭放上，則被挖的地面會立時燃着。如果用一根管子插入土下二吋深，再用泥土密封管底的四周，然後在管子的上口，放置一小塊燃灼的煤，鼓口吹風，那管口便能立刻發生火焰。若是管的基部被土封得很密，那根管子是不會被火燒壞的。那裏的居民，就用這種方法，在家裏從地下用管子引火，用作夜晚的燈光。同時他們也用這種火去燒石灰——他們把石頭一塊一塊地堆在管口的上面，大概連燒三天，可以完全變成石灰。在這片土地附近，並可掘得硫黃，也有石油泉 (naphtha springs) 發現。』

這種火的發生，不惟不似火山噴發或雷閃轟擊所成的火爲可怕，並且存在的時間也更久。人民發現牠以後，不久就會知道去利用牠點燈、取暖和烹煮食物了。這時也用不到人造的火，祇須把這種天然的火移東搬西，其流傳就會廣大了。按照希臘人的傳說，火不是由電神蔡蘇斯 (Zeus) 賜給世人的，乃是由名叫卜魯美沙斯 (Prometheus) 的天神偷出來的；他的家（或者說是監獄）便是高加索山。所以這片地方，即使不能說是火的最初出生處，也可以稱爲最初教人怎樣用火的教室（見註一）。

由普通用火來煮食燃物，漸漸進爲化學的工藝和製造。於是冶金術和製造石灰、灰泥（mortar）、磚瓦、陶器及玻璃等工業，遂相繼發明。羅馬作家普林尼（Pliny 23-79）氏對於玻璃起源，有詳細的記述；他說是由一些腓尼基人（Phoenicians）在沙灘上做天然重碳酸鈉（trona）的爐竈而偶然發明的。例如一隻泥土的竈可以燒成磚塊，一隻石灰石的竈可以燒出石灰，都是屬於相同的原理。泰耳（Tylor）氏猜想最初的陶器，是用泥土塗在竹籃上，經過烘焙而成的，所以現在發現有許多古代陶器，其上尚有柳條編織物的痕跡。等到火的用處漸漸擴大，天然來源不敷應用，人們纔四處去找覓燃燒的材料，其中有各種礦物，如硫化銅和硫化鉛等，一燒之後，就成爲溶解的金屬。我們如果把一堆方鉛（硫化鉛）和其他燃燒材料一同燃燒，過後或許可在其中找到一塊金屬質的鉛，也未可知。

古人造火方式，大別可分三種：（一）鑽木取火，（二）擊石取火，（三）用凸鏡自日光取火。三種之中，第一種流傳最廣，大概起源最古。第二種也很有名，翡哥人（Fuegians）（註1）和依士金（Esquimaux）（註2）都用也，因爲也門居住之處，很難找到乾燥的木料。前一種人用的是

石英和硫化鐵，後一種人用的是火石和硫化鐵。南美洲大陸附近的居民則用火棍。鑽木取火的方法，大概是古人偶然在一堆已熄的灰燼內搗出火來，因而發明的。第二種擊石法，據亞微伯瑞 (Avebury) 氏猜想，他推定在人類用石製器時發現火星之後。關於第三種用凸鏡取火法，希臘波盧塔克 (Plutarch 46?-120?) 有下列一節記載：

『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瀆神明，必須自純潔日光內取得之火方可。彼等慣用一種凸鏡，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。』

在羅馬的廟院裏，也燃着聖火，用童貞女尼來看守牠，不可讓牠熄滅，請看下文：

『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) 』

從日光取火的方法，古代的神魯人也好像運用過，因為在他們的古墓裏，近來發現種種擦得

極亮的硫化鐵製的凹鏡。

火的作用造成了古代人民對於物質組織思想的源泉。在很古的時候，已有各種學說，都相信燃燒時必有一種元素在裏面發生作用；這種學說，直傳到十八世紀的末葉纔壽終正寢。

【火之學說】(Fire Theory)——一種物質經過燃燒之後，分解成各種元素。這種理論，是古人最初所採用的。差不多所有能燃燒的物質，都是有機體，當牠們燃燒過後，就遺剩一堆細微的灰燼。這種假想之火的作用，是以古時熱的定理作結論的；他們承認燃過的物質是單純的，或元素 (homogenea congregare)，而可燃燒的物質是混雜的，或化合物 (heterogenea congregare)。

【四元素學說】——四元素學說所指的，就是土、空氣、火和水，這種學說的壽命，比較任何古代的化學學說爲長久。從亞力士多德 (Aristotle 384-322? B. C.) 的時代起，一直沿用到巴拉塞爾士 (Paracelsus 1493-1541) 的時代，就是現在化學上所謂元素的意義，也含有亞力士多德學說的意義在內。

四元素學說是火的學說的一個支系，牠用燃燒的情形來作解釋。在波義耳著的懷疑之化學

家 (*Sceptical Chymist*) 一書裏，曾紀載太米斯塞士 (*Themistius*) 的一節言論。太氏是亞力士多德的辯正人，因為在一個科學討論席上使他無用武之地，所以他很懊喪。或許那時的討論，注重實驗而不尚推測的。他曾經說道：

「如果我能很自由為四元素辯正，用我的主張來解釋牠們，那你們一定可以不信任那些沒有剖解力的庸師。我可以公正的說，「亞力士多德主義」是真理。因為一個先覺者所發現的事理，當然比後覺者來得高超而更含有哲理；其信徒就盲然追從，認為已有的實驗，很能滿意，也不去找其他的證據；不知這種實驗，是永遠不能使人深信的。因為牠們僅可以作例子，而不能闡揚主義的真義，抑有何用？我當舉出一個唯一的實驗，這實驗雖說祇有一種，但一種已滿足了一切，不必再求其他。諸君請看一塊濕木頭，若是把牠放在煙囪內燃燒，牠就能分離而成四種元素。這四種元素，就是我們討論的，可以說各種混合物都含有牠們。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

從牠的重量和乾燥性看來，無疑的是屬於土元素的。』

這是前人所說的四元素。就他們意見看來，所指的是各種物質的性質，並非指着實在的物質。假定說金剛石的火和水，不是說真的火和水，而是說像火和水的性質罷了。休厄爾 (William Whewell 1794-1866) 氏有句話最切當，他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。

四元素學說也是該楞 (Galen 131-201) 氏所倡藥物系統 (system of medicine) 的基礎。而 element (元素) 一字，也常見於文學之中，下面就是一個例子：

『脫貝先生說：我們的生命是否由四元素組織而成的？』

安都先生答：一般是這麼說，不過我想無寧說是由飲食組成的更恰當。

脫貝先生說：你是個學者。好！我們就多飲多食吧。』

在模範聖經譯本 (Authorized Version of the Bible) 之內，element (元素) 一字僅在「懦弱和貧苦」一節裏用過二次。但現在這含有古義的字，卻又普遍的通用了，甚至在新聞紙上

也可以見到。

希臘人對於物質組織的學說，雖沒有幫助化學向前發展，但似乎也沒有什麼阻礙，因為化學的最初部分，對於燃燒問題，關係很少。不過世人對於亞力士多德理論卻多不滿的議論。休厄爾說他們的試驗是不合乎事實的（註四）。柏格門（Berzeman）說過：『這種特別的希臘學說，很少有審察和精確的實驗作根據的；他們的學說都是怪誕的偏見和愚笨的幻想』（註五）。拉瓦錫則謂：『那些哲學家的權威依然有很大的勢力，對於後輩一定不利，使我們很有些擔憂的可能』（註六）。

【煉金術之火的學說】——這是在四元素學說以後的一種火的學說，只是我們不能確定牠在什麼時候創始的。但在第八世紀葛伯爾（Gobar）（註七）的著作中已見到這種理論。牠是一般煉金術士努力於『變質』研究的鄉導。更明白地說，這個學說是專論金屬組成的一種學說，謂金屬由硫和汞所組成。據煉金術士所知，金屬中除金和銀外，經煅燒（calcination）之後，必失牠的金屬狀態；所以有許多礦物，如硫化鐵和硫化鉛等，經煅燒之後，都失掉金屬狀態，且在煅燒時，有硫黃煙（亞硫酸）沖出來。由這種情形看來，金屬之能燃燒，似乎一定因為含有一種燃燒素（硫黃）

而起的。至於牠們所以失去金屬狀態的，一定因爲失去了汞質。且就當時學者知識所及，惟有汞是能蒸發的金屬。至於金屬的煅渣，若用木炭加熱之後，又能回復其原狀；這種情形又促使他們發生木炭裏含有植物質的汞的假設。硫和汞兩個元素，是物質而非形容字，所以直到今日仍列在元素表的裏邊。

【根本元素的學說】——此說爲巴拉塞爾士 (Paracelsus) 所首倡，他是藥物化學學說的創始人。當他在貝爾 (Bale) 做教授時，第一次上課就把該楞 (Galen) 氏的著作燒燬，作爲第一個實驗。在化學史上，他或許是第一位經政府委任的化學教授。

巴拉塞爾士採用煉金術的硫和汞，惟又將「鹽元素」加入其中；後來還有幾位藥物化學家 (iatrochemists)，除這幾個元素之外，又加上土和水。

這種元素並不是在空氣中把物質放在火裏燃燒得來的，乃是把物質密封在器皿裏，經過加熱而得的。若用今日術語表示，就是物質經過「破壞蒸餾」而來。並且這種東西不是礦物，也不是金屬，而是植物和動物。所以牠們和四元素又截然不同，因爲四元素是從真正的燃燒得來的。

這種硫汞和鹽就被藥物化學派稱做「根本元素」(hypostatical principles)。這個論調也是一種火的學說，他們承認硫汞和鹽乃是經過火的作用而產生的物質，波義耳氏在他所著的懷疑的化學家上，把牠們解釋得很詳盡，他說：

「當彼等用火將一種化合物分解的時候，如果得一種能燃燒而不和水相混合的物質，就稱做硫；如有香味而能溶解於水的，就說牠是鹽類；如果是固定而不能溶解於水的，就稱做土。那末我也可以附帶的說，彼等如果獲得一種能揮發的東西，必不知所適從，且無以命名，結果就稱牠做汞了。」(見 *Sceptical Chemistry* p. 230)

波氏的懷疑的化學家一書，就大體而言，都是攻擊根本元素學派的主張，而對方經過了這番攻擊，便一蹶不振了。

波義耳氏作這本書的動機，是因為他對於巴拉塞爾士的門徒的意見太不滿意；但他對於巴拉塞爾士本人，還有同情的地方，所以對他個人的批評緩和得多。他在懷疑的化學家四三三頁上曾說過：

「在巴拉塞爾士的著作裏，時常有渺茫而欠圓通的文字，因此他竟把那些極有精彩的實驗，常使讀者迷惑厭倦，而不能得着要領。我知道巴氏自己是瞭解了，不過他不能明白地表示出來。」

藥物化學家所教的，就是上述幾種哲學的元素——硫、汞和鹽。但這種元素並不是我們現在所稱的硫、汞和鹽。當他們作蒸溜的時候，很難確定何者爲鹽，何者爲硫，何者爲汞；所以休厄爾說：「他們所定的名稱，無非爲他們的思想委曲求全而已。」這種元素，也沒嚴格的定義；例如酒精一物，有時稱做硫，有時又稱做汞。其中尤以汞的定義最難摸索。培魁英斯 (Boeginus) 氏曾爲初學化學的人著了一本化學啓蒙 (Thyrcinium Chymicum)，其中對於汞所下的定義是：

「汞是一種質輕而澄清的流體，可在酸中瀰散，凡各種滋養料、知覺、運動、氣力和顏色，均賴着牠而發展，尤能使人不老。」

波義耳氏譏諷培魁英斯的定義是一篇「汞的頌詞，絲毫沒有科學的意味，這個批評是很對的。」



波 義 耳

(Hon. Robert Boyle 1627-1691).

約翰生 (Ben Jonson) 氏在所著的鍊金術士 (Alchemists) 一書上，對於汞的解釋也是十分含糊，他寫道：

「Subtle 問：「你所說的汞究竟是什麼東西？」

Face 答：「先生，這是一種極輕渺的東西，在瞬間就消失了。」」

【燃燒素學說】(Phlogiston) —— 十八世紀的燃燒素學說原來是由基本元素的學說推演而來的，牠是火之學說的迴光反照，也是當時學者維持『火能分解化合物為元素』一個原理之最後的努力。

在那時的學者已知鹽是由酸和鹼化而成的，並且在化合以後，牠們就不是單體的原質了。司太爾 (Georg E. Stahl 1660-1734) 的燃燒素學說，就是把硫和汞的性質，以及揮發和燃燒兩種性質，混為一談，而造成的假設——其實乃是一個荒誕的觀念。司太爾氏有一個主要的實驗，做他的學說的證據，以邀當代學者的信服；但是你如果一考究這個實驗的由來，卻又須歸功到波義耳的身上。因為當硫黃經燃燒之後，會產生硫酸 (sulphuric acid *per Campanan*)，所以要

製造硫酸，就可用這種法子，恰和古時用明礬和綠礬（green vitriol）經蒸溜而製成硫酸一樣，這是普通一般人所知道的。此外波義耳又發現硫酸如和松節油共同蒸溜，仍會回復硫的原狀，此事均載在懷疑的化學家第三一三頁。從此看來，以前所謂燃燒（即氧化）和不燃燒（即還元）僅限於金屬的煅渣（calces），現在可以用在一般能燃燒的物質上了。司太爾氏大部分根據着這個實驗，並採用金屬的燃燒和還元等學說，而認定硫黃失去燃燒素之後，即變成硫酸；若是硫酸得了燃燒素，又變成硫黃。並且金屬失去了燃燒素，即變成煅渣；煅渣得了燃燒素，又能回復為金屬。他論燃燒素說道：

「我以為燃燒素是一種原始的可燃燒的元素，極能產生熱力，即在化合物中，與其他元素相遇時，亦能產生熱力。」

他又說：

「燃燒素是一種有實質及形態的元素，當牠運動劇烈的時候，即能發火。若是礦物 and 大部分金屬在空中燃燒以後，燃燒素就自動地逃去，原物便化成一種形似灰燼的東西。鉛、錫、銅、鐵等

的煨燒，均有這種現象。」

他又說：

「這種火質存在動、植、礦三界之中，並無稍異，故能自植物傳至動物，又能從動、植物中而傳至礦物，甚至能傳給金屬。」

司太爾氏認為「燃燒力」是能從一個「燃燒物體」而傳到一個「已燃燒物體」之內的，故硫黃經燃燒之後，即成硫酸；若是硫酸又和一種能燃燒的物質共同加熱時，又能變成原來的硫黃。

燃燒素學說是在一七〇二年創始的，但當司太爾氏生時（1660-1734）以及他死後的四十年之內，這種學說並未引起化學界的注意。他死了四十年之後，纔有普里斯特利、徐萊（Scheele）和加萬粒粟等氏相繼採用，以解說他們所發見的各種氣體的性質。這個學說用以解說別的還可，用以解釋氣體便不免有些牽強。實則，燃燒素是一種燃燒的質素。普里斯特利（Priestley）氏稱養氣為脫燃燒素的空氣（dephlogisticated air），稱淡氣為燃燒素化的空氣（phlogisticated

air) 照他的意見看來，空氣似乎已經能燃燒，而淡氣更能燃燒了。加萬粒粟 (Cavendish) 氏有時把養氣當作脫燃燒素的水 (dephlogisticated water)，那末照他的意見看來，水又似乎能燃燒的東西了。這兩人的見解，真是可笑。

瓦特孫 (Watson) 氏在他一七八一年所作的化學論文裏對於燃燒素有最詳盡的科學見解，他從沒把牠當作一種物質看待。他說：

『你當然不能希望化學會從燃燒的物體內分析出來幾兩燃燒素拿給你；同理你也不想從一塊磁石、一個重體或一個帶電的物體，取出一些磁力、吸力和電力來。』

所以假使我們把「燃燒素學說」裏的燃燒素一個名詞，用一個「力」字來代替，這學說就高明了；瓦特孫的意思，似乎也就是這樣的。但這種見解要根本把燃燒素不當爲物質看待，那又不是司太爾所創立燃燒素之本意了。其實，如果能用這個眼光來解釋化學變化，無異於用物理變化來作譬證，一切困難，都可迎刃而解。

瓦特孫 (Watson) 氏對於燃燒素的見解，和拉瓦錫 (Lavoisier) 氏對於「燃原」或「柯

樓瑞克] (Caloric) 的見解，是屬於同一性質的。原來拉瓦錫氏所攻擊的，是世人把燃燒素當作一種有實體的物質 (material substance)，所以他說：

「化學家已經把燃燒素造成爲一種虛泛的理論，沒有嚴格的定義。所以用牠無論解釋何種變化，均能適宜。有時燃燒素是有重量的，有時又沒有重量；有時是純粹的火，有時又和土相混合；有時能穿過容器之微孔 (pores)，有時似又不能通過；甚至牠能解釋腐性，又似乎能解釋防腐性；能解釋透明，又能解釋暗昧；能解釋顏色的存在，又能解釋其不存在。牠實在可以稱做變幻無窮的東西了。」 (註八)

實在拉氏還可以再加一句，說牠「能解釋燃燒，又能解釋不燃燒」，不是更有趣味麼？

拉瓦錫氏是在一七九四年上斷頭臺的，在他未死之前，他的燃燒學說已爲一般化學家所採納了。但加萬粒粟和普利斯特利二氏依舊不信，雖然他們的實驗，和卜拉克的工作，都對於拉瓦錫的學說有莫大的助力，然而他們也有他們始終不變主張的理由。

加萬粒粟 (Cavendish) 氏認爲這樣改變思想是無意義的。他以爲「加脫燃燒素的空氣

(即養氣)到一個物質裏，是和取去這物質的燃燒素而加水進去」(註九)是同樣的；也就是說『脫燃燒素的空氣是酸化素』和說『酸素與燃燒素化合之後失去了牠的酸性』是同樣的。

普里斯特利 (Priestley) 氏曾說過他是首先相信拉瓦錫氏主張的(註一〇)，但從他發現和輕氣不同的一種可燃氣體 (inflammable gas) 之後，卻又不願改變原來的意見了。普氏的這種氣體，是從通過水蒸汽，經過盛有燒紅的木炭的管子而得的，以牠的重量和體積看來，似乎不是完全從水中出來的。這種氣體，亦可用鐵丹(氧化鐵)和木炭同熱來製取。其實這種氣體就是現在的一氧化碳。只因那時學術界裏的人物，不能解釋牠的真性，遂成爲化學上的大疑問；直至一八〇〇年可如克山柯 (W. Cruickshank) 氏纔明白顯示牠的真面目。可氏把這種可燃空氣 (CO) 和養氣化合，即有固定空氣 (fixed air) 發生；那時的固定空氣就是現在的碳酸或碳酸氣。此外可氏又發現石墨和鐵屑同燒，也能製取牠。

(註一)「盜取天火神」是希臘神話中牛神牛人的神，因爲他盜取天上的火，又把用火的方法傳給世人，因是得罪；曾被 Zeus 縛在 Caucasus 山的頂上，每天命令一隻老鷹來啄食他的腸臟，以作懲戒。金工神原名 Hephaistos

是希臘宗教上掌管金屬工作和火的神，他是 Zeus 的兒子，Aphrodite 的丈夫。守護神在希臘神話中是掌管智慧、學術、戰爭和技藝的神。

(註二) 住在南美洲南端提厄刺·得·翡哥羣島 (Tierra del Fuego) 上的土人。

(註三) 住在北美洲北極部，北極圈內的蒙古民族。

(註四) 見 Whewell: *History of Inductive Science* (休厄爾著歸納科學史)，一八三七。

(註五) 見 *Origin of Chemistry*, p.71.

(註六) 見拉瓦錫著化學要義 (*Elements of Chemistry*) 一書的序言。

(註七) 莫伯爾原名海鹽 (Jabir ibn Haiyan) 爲第八世紀阿拉伯煉金學說大家。他有一本宇宙根本原理總論

(*Summa Perfectionis Magisterii*)，其中論煨燒和鉛丹等等甚詳；請參閱黃素封譯燃燒素學說史 (萬

有文庫二集)，第二四至二五頁。

(註八) 見拉瓦錫全集 (Lavoisier: *Oeuvres*)，第二冊第六四〇頁。

(註九) 見英國哲學報告 (*Philosophical Transactions of the R.S.*)，一七八四年刊印本之第一五一頁。

(註一〇) 見普利斯特利著實驗 (*Experiments*)，第一冊，第二八一至二八七頁。

第二章 物質改變和鍊金術史

物質改變 (transmutation) 的思想是希臘哲學的一部分，由火的學說分演而來的。最初祇是應用科學上的一個問題，但因缺乏實驗的證明，所以這種理想獨自成爲一種玄妙莫測的學說，相沿至數百年之久。所謂物質改變，最初確是泛指一切物質而說的，其中包括當時哲人所承認的元素（實係化合物）在內，並不祇限於金屬。這一點可舉柏拉圖 (Plato, 427-347 B.C.) 的著作爲證。柏拉圖在他的底馬伊奧斯 (Timaeus) 裏，對於元素的改變曾說過這樣一段話：

『由於觀察，使我們相信水在凝結 (condensation) 之後，能變而爲石爲土，若水經過細分 (sub-division) 的手續，則變而爲風爲氣。燃燒的空氣爲火，將火熄滅而凝結之，又可復變成空氣的原形。若是把這種空氣溶解在水裏，即可變而爲霧。由此再繼續變化，最後可產生岩石和泥土。』

這種由水變土的問題，爲此後哲人研究物質科學一個大對象，直至十八世紀纔被拉瓦錫氏所推翻。拉氏根據實驗，證明水經長期煮沸之後，器底所沈澱的土質，是器壁被水所溶解的結果，在一七七七年著文發表。

「四元素說」所舉的四種元素並不像四種截然不同的物質，若按當時哲人的解釋看來，這四種元素像似相同的主要物質，不過所具的「性質」彼此互異而已。同時他們對於各種金屬的意見，也認爲各種不同的金屬，均爲相同的主要物質，所差的只在性質。但事實上，物質改變的思想確在那兒發生。一般鍊金術士都知道銀子可使黃金變白，銅可使黃金變紅；此外若鑷錫於銅，可以製成青銅，又把異極鑛（註一）鑷到銅裏，則變爲黃銅；把砷鑷到銅裏，能使銅變成和銀一樣的白銅。

古代史上所論到的金屬，不外七種，即金、銀、銅、鐵、錫、鉛和汞。直至十六世紀纔有銻發現，這可算是第八種金屬。七種古代之金屬中，在自然界裏金、銀、銅、汞各爲單體存在，故採取至易。鉛和錫雖是化合體，可是牠們的礦石，能在普通的火裏熔解。鐵須在高溫度之下方能溶化，所以煉鐵時要用鼓風爐，故採取較難。人類文化的分期，若就所用金屬而言，是由易而難和由簡單而複雜的，在石器時

代之後，是銅器時代，再後爲青銅器時代和鐵器時代。金、銀和銅是古代國家最初用來鑄幣的金屬，現在世界所存的最古金幣，如利比亞 (Lybia) 的金錢，(註1) 其中含有金八成和銀二成。埃及人以製造金銀的裝飾和器具著名，他們用金抽成的絲和展成葉來做鑲金和刺繡的材料。又金銀做成合金(齊)，以其色澤淺淡如琥珀，特稱之曰琥珀金 (electrum)。不過他們對於銅和青銅之間，並沒有顯明的區別。他們當初稱銅爲 *Aes Cyprium*，意思是「塞浦路斯島」(註2) 的銅，因爲古代歐洲所用的銅皆由塞浦路斯島而來；以後駁假把地名變成物名，遂稱銅曰 *cuprum*，今日英、德、法諸國的 *copper*，*das Kupfer* 和 *cuivre* 等字，皆源於此。銅裏加入微量的錫，可以增加硬度，製成家用器具，外表再鍍錫一層，極爲合用。在亞述 (Assyria) 的尼尼微城 (Nineveh) 所發現的一隻古代青銅飯碗，其中含錫約1%；又古針一根，含錫2.2%；又由尼尼微城所發現的一座銅鐘，其中含錫在14%以上。由銅鋅而合製的黃銅，在普林尼 (Pliny, 23-79) 氏的時代，通稱 *aureo-chalcum*，是用銅、異極鐵和木炭共同熔化而得的。至於鋅的單體，在十八世紀纔發現，前邊已經說過。錫鉛的合金，當時的人已知用作錐藥，以接鉛管。汞之記載，最初見於西俄夫拉斯塔斯 (Theo-

Phrastus) 氏的著作，約當紀元前四世紀頃。到紀元後第一世紀，代俄斯科利提斯氏 (Dioscorides) 纔有詳細的說明；他說用鐵屑和硃砂 (cinnabar) 混合一處，蒸溜之後，可以獲得汞之單體。在那時，汞的名稱有 *hydrargyrum*, *argentum vivum* 和 *quicksilver* 等等，大意都是「水銀」。化學上採用「蒸溜的方法」，也要算代俄斯科利提斯爲最早。

鉛和錫的分別，在古代並不十分顯明，他們稱鉛叫「黑鉛」(*plumbum nigrum*)，叫錫做「亮鉛」(*plumbum candidum*)。在荷馬 (Homer) 時代，*Kασσίτερος* 一字是指錫而言的；「錫石」的英名是 *cassiterides*，這個字與 *Sicily Islands* (西西里羣島) 有關；錫和鉛都是由英國西南海岸康瓦爾 (Crownall) 地方得來的。並且在普林尼時代，大家稱鉛錫合金的白鐵 (*pewter*) 做 *stannum*，後來變爲專名，直沿用到現在。埃及人在古代已知用鐵，並曾用鋼製刀鑽，爲切磋雕刻瑪瑙和寶石的工具。鍊鋼最古的民族，在歐洲大概要推小亞細亞的哈利比斯 (Chalibes) 人。在希臘的市場上，鋼要算最貴重的金屬。

當化學分析方法還未發明之前，要決定一種金屬是否純淨，只有採用比重的測定法。這個方

法，是亞奇默得 (Archimedes) 最初測量敘拉古 (Syracuse) 魔王海埃羅 (Hiero) 的金冠時所發明的。試金術 (assaying) 的運用，在科學史上以紀元前第二世紀俄多拉斯·西克拉斯 (Diodorus Siculus) 的記載為最早。至於用硝酸以分析金銀齊 (註四) 的方法 (quarlation) 是在十六世紀由阿基柯拉 (Georg Agricola, 1490-1555) 氏所發明的。前面說過古代有七種金屬，但是否確是七種，抑或更多或較少，皆無詳實史料佐證，惟按柏拉圖和亞力士多德二氏的遺教，可認為那時有一種金屬物質而表現各種不同的性質。

巴黎大學教授柏特羅 (Marcellin Berthelot, 1827-1907) 氏認為物質改變的思想，起源巴比倫和迦勒底 (Chaldea) 兩民族，但他又說：

『物質改變的歷史十分含糊。這是一種沒有顯明根基的科學，牠在羅馬帝國滅亡時突然發生的。現代的批評家對於這種歷史會全盤推翻的。要想把這個問題整理出來，非用一生的精力不可。』

又有人認為物質改變的科學起源於埃及，因為 chemistry (化學) 和 alchemy (鍊金術) 兩個

字都是由 chemi 一字演變而來的，chemi 是古代埃及的名稱。但在歐洲，化學和鍊金術的名字，卻發生頗遲。最早的化學著作家首推希臘人，拜占庭人 (Byzantines) (註五) 稱這種技術曰 χημική τέχνη，亞力山大城 (Alexandria) 的人稱牠做 Χημουργία。此外還有「埃及技術」、「麥美士的技術」(Mermetic art) (註六) 和「思巴基利克技術」(Spagiric art) (註七) 等等。十一世紀百科全書派學者修伊達斯 (Suidas) 氏，他說羅馬皇帝戴克里先 (Diocletian, 245-313) 在紀元二百九十六年征服埃及的時候，把一切「黃金製造家」所藏的典籍，完全燒光了。

後來亞拉伯人在第七世紀征服埃及的時候，把埃及和希臘的學術著作都搬到巴格達 (Bagdad) 和西班牙的哥爾多華 (Cordoba)、托利多 (Toledo) 及塞維爾 (Seville) 四處。更在這些地方，或創辦大學，或組織學會。他們又把亞拉伯的書籍譯成拉丁文字。從此英、法、德、意的學生都負笈來此研究，這可說是埃及和希臘的科學間接傳入西歐之始。羅得韋爾 (Rodwell) 氏謂哥爾多華大學的圖書館皮藏圖書達二十萬卷之多；又埃斯科利阿爾 (Escorial) (註八) 的原稿圖書 (Manuscript-Library)，其中所藏關於鍊金術的著作之原稿，富冠全世。亞拉伯最著名的鍊金

學說家是亞貝·英·海鹽 (Jabir-ibn Haiyān) 氏。拉丁文名作 Geber (該柏) (註九) 生於第八世紀。海鹽氏一生著作特富，十三世紀譯成拉丁文，於一五二九年刊行，英文譯本於一六七八年出版。其中最重要之著作，約有下列七種：

- (1) 宇宙完全原理總論 (*Summa Perfectionis Magisterii*)
- (2) 完全之探求 (*De Investigatione Perfectionis*)
- (3) 該柏氏鍊金術 (*Alchemia Geberi*)
- (4) 真實之發明 (*De Inventione Veritatis*)
- (5) 性質全書 (*The Great Book of Properties*)
- (6) 爐論 (*On Furnaces*)
- (7) 一百二十卷 (*The Hundred and Twenty Books*)

海鹽氏著作原用希臘文寫成，有阿拉伯文譯本；及阿拉伯勢力侵入歐洲後，纔譯成拉丁文，此後又譯成英文。近年法人治古代化學史甚勤，海鹽的著作，又有阿拉伯文與法文的對照本刊行。

海鹽學識淵博，見解過人，他的化學知識和十六世紀歐洲任何鍊金術士相當，他的威權幾乎統制了歐洲化學界達千餘年之久。英國十三世紀的羅哲爾·培根 (Roger Bacon) 尊稱他叫「靈悟哲人」(philosophus perspicacissimus)，又有人叫他做「大博士」(magister magistorum)；其影響的偉大，由此可知。在實驗上，海鹽氏能製造硫酸、硝酸、苛性鉀、硝酸銀溶液（溶銀於硝酸而得）及王水等等。法國柏特羅 (Berthelot) 氏曾用海氏亞拉伯文原稿對證拉丁文譯本，發見二者並非一致，因而假定十三世紀之譯者，或曾加以補充與訂正。(註一〇) 但荷姆耶得氏在其所著的道爾頓氏以前之化學史 (註一一) 上則反對這種假說。倘使拉丁名的 Geber (該柏) 和阿拉伯名的 Jabir (亞貝) 是同一個人，那嗎十六世紀的化學，比之第八世紀，簡直沒有多大的進步。

美人約翰生博士和馬丁博士均認為物質改變的法術，起源於我國道教的煉丹，時當紀元前三世紀頃；其後在紀元第一世紀，中國人和羅馬人即交易於亞力山大城 (Alexandria)，至第三世紀亞力山大城纔開始有「鍊金術」的知識，約翰生氏以為是由中國商人帶來的。再後阿拉伯

人征服埃及和西班牙，鍊金術始傳至西歐，這是第七第八世紀的事情，前已言之。由於這些史實，他斷定中國是物質改變法術的發祥地。(註一三)不過古代中國在科學上是個「有術無學」的國家，鍊丹術儘管起源很早，但終不能滋長而成有系統的化學，殊爲憾事。

十三世紀到十五世紀是歐洲鍊金術最昌盛的時期，其間最著名的鍊金術作家，如培根·羅哲爾 (Roger Bacon)，阿柏塔·馬格那 (Albertus Magnus)，累蒙德·律利 (Raymond Lully) (註一三) 和維拉諾發的亞諾爾特 (Arnold of Villanova) 諸氏，皆有著作留諸後世。

阿柏塔·馬格那的著作是鍊金術 (*de Alchymia*)，培根的是鍊金術原理 (*Speculum Alchymiae*)。維拉諾發是位醫生，著有關於毒物之研究。律利氏最負盛名，著述亦最富。(註一三)

瑞士學者巴拉塞爾士 (Paracelsus, 1493-1541) 氏是運用化學於醫學上的第一個人。他自幼廢除學究的生活，不甘盲從先賢的傳說，自製藥劑，治療疑難大症，遍遊歐洲大陸，蜚聲江湖。當時的醫生受了他的影響，都開始學習用化學方法製藥的技能，此外又研究用金屬原料的製藥法，以及人體中一切流體的化學性質。十七世紀對於酸、鹼和鹽三類物質間真正關係之大發現，就是

這位醫學家而兼哲學家的巴拉塞爾士所立下的根基。

在巴拉塞爾士以前，藥物學 (*materia medica*) 的權威是該楞 (*Galen*)。直到現在，凡浸劑、煎劑、酏劑 (*tincturae*) 及浸膏劑 (*extracta*) 等藥，仍稱做「該楞氏的藥」(*galenicals*) (註一四)。其勢力之大，由此可見。巴拉塞爾士所教的化學，是專在製藥方面的。那時候又適在文藝復興 (*Renaissance*) 和宗教革命之後，所有中古的傳說，都被新的思想所推翻；在化學上，巴氏便攻擊該楞和亞惠森那 (*Avicenna*) (註一五) 二人的傳統的舊學說，一面公然焚燒他們的書，一方面輸入自然的自由觀察和化學的方法，以謀醫藥學的改革。同時，豐·海蟒 (*Van Helmont*, 1577-1644) 氏更反對亞力士多德的「四元素說」，而以他不是個基督徒為理由。巴氏之後，有一位名叫發楞恩 (*Basil Valentine*) 的學者，他聲言化學的最大功用，不在鍊金而在製藥；大約在一六〇〇年他著了一本鎊的勝車 (*Currus Triumphalis Antimonii*) 大書，詳述製取金屬鎊的方法，因此我們知道鎊是由他發現的。發楞恩之後，有李伯外斯 (*Libavious*, 1540-1616) 氏，豐·海蟒、塞拉 (*Sala*)、西爾維阿斯 (*Sylvius*, 1614-1672)、格勞勃 (*Glauber*, 1603-1668)、孔柯爾 (*Johann Kunckel*)

達賢尼亞斯 (Otto Tachenius) 及格魯 (Nehemiah Grew, 1645-1712) 諸氏皆對醫藥化學各有貢獻。其中，西爾維阿斯曾闡發呼吸和燃燒有相同作用的真詮；格勞勃曾製出硫酸鈉，為有名之「格勞勃鹽」；格魯氏乃瀉鹽 (Epsom salt) 之最初發現者——至於其他各氏的功業，容於下章論之。

培根·法蘭西斯 (Francis Bacon, 1561-1628) 是十七世紀初葉一位大思想家，曾著新阿特蘭替 (*New Atlantis*) 一書，根據他的深邃淵博的科學素養，敘述他對於人類利益的願望；他又認為科學的目的，是在謀學術本身的進步，故又著學術的進步 (*Advancement of Learning*) 一書，發揮他的見解。柏策 (Becher, 1635-1682) 對於當時盛行的鍊金術和藥物化學 (iatrochemistry) 大不滿意，曾著書立說，來揭發他們的狂妄和淺薄。他在一六六九年出版的地下物質 (*Physica Subterranea*) 一本書裏，批評當時的化學家是一羣俗不可堪的庸人，好像受了狂妄的衝動，而在火焰、煙霧、毒物和貧乏 (Poverty) 之中尋找快樂。——「但我個人，在這般罪惡氛霧裏邊，卻獨自逍遙，不染塵埃；老實說罷，我的地位，即波斯王不易也。」他又說「我自信我得到了〔化

學的「真義」。一般假化學家 (Pseudo-Chymists) 忙着發現萬金，真的哲學家卻去尋求知識；要知道知識比萬金更貴重的多呢！

歐洲初期的化學家幾乎完全是宗教階級的人物。十六、十七兩世紀，當巴拉塞爾士的時代，化學可視作醫生的副業。但在十五世紀，鍊金術是名噪一時的時髦學說，所以各界的人都爭着討論牠。各國的王侯都委任「宮庭鍊金術師」(court alchemy)，以謀充裕國庫的方法；惟此種職位過於危險，因為失敗的術師，每每會被統治的魔王送上絞頭臺的。這時曾組織好幾處「鍊金術學會」，有的維持很多年。其中有一所學會，德國的大數學家來布尼茲 (Von Leibnitz, 1646-1716) 曾做過祕書長。

鍊金術始於古代埃及，為什麼能在十五世紀成爲時髦的學說，自有其時代上的需要。因爲中世歐洲各國商業逐漸發達，要想擴張營業的範圍，非得有大量金銀不可。這時只有意大利和日耳曼可以得到這種珍貴的金屬——意大利城市國家擔任了亞歐貿易的經紀人，獨佔亞洲商業，贏得大利；日耳曼人有鑛，又操賺錢的交易，致富者亦多。別的國家，如西歐的農業國，這時不得不一面

僱用鍊金術士，求變鐵爲黃金的方法，更鑄造贗幣，行使國外，以裕國庫了。（註一六）

贗幣的製造一天多似一天，鍊金術的狂潮也一天大似一天，不曾製造贗幣的國家，認爲假金的混亂是由這般鍊金術士翻弄出來的；於是在一四〇四年，當英王亨利第四在位的時候，曾通過一件法令，不許採用人工方法以製造金銀，違者科以重罪。這件法令，後來在一六八九年又頒布一次。

當亨利第六世的朝代，即自一四二二年至一四六一年，又自一四七〇至翌年，其間曾頒發四次獎勵「改變物質的技藝」的上諭。第一次委命特拉福德（Edmund de Trafford）和亞捨堂（Thomas Asheton）兩個軍人，負責鑄金。十年之後，即一四五五年，英王又任命綢緞商人二、雜貨商人二、金器匠二、布商一、和補藥祕方保管官（*custos cambii nostri*）等，合組一個委員會，擔任督察造金事宜，這是第二次。這羣委員大概都是不通化學的。同年他又頒布一個上諭，內容與前相反，茲譯其文如下：

「一千四百五十六年五月三十一日

英國亨利第六上諭第三號

令諭各屬官員，軍民人等，爾等極應明曉，古來名士哲人，其於典籍與草稿中，嘗以符號與隱喻教人各種奇特與靈驗藥品之製法，謂凡此種種均可於酒、寶石、油、植物、動物、金屬及礦物中取得之。某數種珍貴之藥品，有被哲人稱曰「藥料皇后」者，有名曰「無上光榮」者，更有認爲真正之哲人石或哲人丹或酒精（quintessence）者。此種藥物之效力，均極靈驗，一切病症，均易用之治愈——於是世人得享其天年，體格健強，心靈舒暢，四肢活潑，記憶清晰，智慧亦隨之而增。此外對一切傷患，亦易治療復元。又可用作解毒劑，凡世間一切毒物，皆可借以解除。就上諸節而論，其功已屬甚大，再若變普通金屬爲純粹之金銀，其造福於我人民與我邦家者，更不可以數計也。

〔查國內精通博物之人，如福士筆（John Fauceby）刻爾克筆（John Kirkeby）與朗尼（John Rany）諸士，其爲人忠誠謹慎，好學仁愛，應爲舉國上下所信託者。朕特授以特權，予以自由，令其改變普通金屬爲金銀，而其行動全不受刑法及其他各有關法律之限制。其本人與

所僱用之僕役，並得受國家之特別保護，凡一切高等法官，執行吏與法警，均不得加以滋擾，否則罪在不赦。

『以上各節，爾等官民應一體明曉，凡上開特命專家及其僕從，不問單獨之行動或團體之行動，均不受一切前開禁止人工製造金銀各法令之限制。切切此諭。』

英國議院副署。』

這是第三次關於改變金屬的上諭。

就這宗上諭看來，英國的國王和議院各要人對於當時化學家的重視和希望，可說無以復加了；但這般玄虛的化學家是否能名副其實，這是我們治化學史的人要首先明白的。

一四五六年又頒布組織第四次督察改變金屬委員會的上諭。計任命市參議員一、魚商一、雜貨商人二、牧師二、皇后御醫阿特克利佛 (Thomas Atclyffe) 氏和聖勞楞斯學校長沙普 (Henry Sharp) 氏等八人爲委員，以監視前次委員會的活動。

據說這時歐洲大陸的市場上，充滿了假的「玫瑰金幣」(Rose-noble) (註一七) 蘇格蘭的議院爲欲防止贗幣入境，曾嚴令各港口及英國邊境負責官吏，切實查禁。

「點成金」和「點成銀」(註一八) 也會用作製造寶章和貨幣的材料，如一七一七年德國所鑄的赫斯銀幣 (Hessian thaler) 便是個例子。在這種錢幣的表面，載了這幾個字 “Sic Deo placuit in tribulationibus”，意思是『在困難中有此喜悅的上帝。』

斯密特爾氏在他所著的鍊金術史上(註一九)敘述有一個叫利希好生 (Richthausen) 的，曾在普刺哈 (Prague) 地方，獻給斐迪南王三世 (Ferdinand III) 以「哲人石」一哩。及利希好生去後，斐迪南王便命人在他的面前從事實驗，結果把三磅的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。寶章的背面雕有下邊幾個字 “Divina Metamorphosis exhibita Pragæ XV Jan A. MDCLXVIII in praesentia sacr. Caes. Majest. Ferdinandi tertii”，意思是『一六四八年元月十五日在普刺哈城於威嚴的斐迪南王第三陛下面前所製成之神聖的變形物』。變形物即指點成金而言。

斐迪南王的這種意外收獲，竟使他封利希好生爲男爵，稱 *Freiherr von Chaos*，真可謂滑稽了。有些鍊金術士，曾借自己的法術發了大財，稱名當世。其中如英國韋斯敏斯德大寺 (*Westminster Abbey*) 住持克拉麥 (*John Cramer*) 氏，據說在 1330 年爲英皇愛德華三世曾變成六百萬金，佛來美 (*Nicholas Flammell*) 氏曾獲得一部寫在柳樹皮上的草稿，其中有製造這種「點成金」的技術和配製「哲人石」的成分。他用這種方法所得來的大宗財寶，曾用來建築許多醫院和教堂。佛來美氏又證明哲人石除了原有的效用之外，又能改變淫邪小人的秉性。關於哲人石能使人延長壽命一點，十四世紀的荷蘭都斯 (*Hollandus*) 氏曾說過下面一段話：

「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。倘病家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。」

特利斯蒙生 (*Solomon Trismosin*) 氏說過，若是一個老年人吃下一粒哲人石，便可立奏「返老還童」的功效。他那多皺的顏面，能變得光潔白嫩；斑白的頭髮，變作黑色；已彎的背骨，也直立起來。

他又說一位九十歲的老太婆吃了牠，也能變作破瓜的美女一般。巴拉塞爾士 (Paracelsus) 曾在君士坦丁堡從特利斯蒙生學過化學，據說他在那裏還受過一般理髮匠（註二〇）老年婦人、呪法家和鍊金術士們的教導。

十五世紀布列得林敦 (Bridlington) 地方有一位名叫利普利 (George Ripley) 的牧師，據說爲了英國對土耳其的戰爭，他曾給摩爾太的侍衛 (Knight of Malta) 以黃金十萬鎊。這位利普利又用韻文做了一部關於鍊金術的巨著，致獻與英王愛德華四世。向來鍊金術士用韻文所寫的作品很多，阿什摩爾 (Elias Ashmole) 氏曾廣爲搜集，編輯成冊，定名曰英國化學講座 (Theatrum Chemicum Britannicum)，在一六五二年出版。利普利氏又著了一本鍊金術園地 (Compound of Alchymie)，分十二章，詳舉化學上主要製作法，稱做化學「門徑」。這在本門徑中，他所舉的有十二種：

(1) 自然煨燒法 (Natural calcination)

(2) 祕密的和哲學的溶解法 (Dissolution secret and philosophicall)

- (3) 元素分離法 (Elemental separation)
- (4) 異性的結合法 (Conjunction matrimoniall)
- (5) 腐敗法 (Putrifaction)
- (6) 提淨結晶法 (Congelation albificative)
- (7) 營養 (Cibation)
- (8) 昇華,
- (9) 發酵,
- (10) 精鍊法 (Exaltation)
- (11) 奇異的增加法 (Marvelous multiplication)
- (12) 設計法 (Projection)。

在這本書的末尾，利普利氏寫着下邊一什韻語：

這本鍊金術論文集現在完了

牠是利普利·喬治牧師的手稿。

他自己運思、編製、和簽名

在一千四百七十一年刊行。

讀者們，請你幫助他求得你的需要，

在身後他能會有溫柔的光耀。

亞門。

英國化學大家大衛 (Davy) 氏認為利普利的著作，既不能使聰明的讀者發生興趣，也不能供給他們以知識。他不過是借着化學的名字，玩弄自己的文墨而已。

在鍊金術盛行的期間，雖是一般術士多隸屬宗教階級，但教會卻不同情於鍊金的方法。一七三二年，教皇約翰第二十二曾頒布反對運用改變金屬方法的訓諭。又當教皇利奧第一 (Leo I) 在任的時候，有一位鍊金術士送給他一本造金書 (Chrysopoia) 的著作；他接到以後，便在一隻空皮錢夾上，寫了「多造黃金，裝滿錢袋」一類的詞句，請他自造，並作為回敬的禮物。

在法庭上也常有關於鍊金的案子發現。一五八〇年薩克森選舉官 (Elector) 的侍醫霸特

爾 (Bentler) 氏，偶然覺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；又不願供出配製的方法，更判決截去手指兩個；又怕這種祕方傳出國外，所以最後又把他囚在監獄裏。(註二)

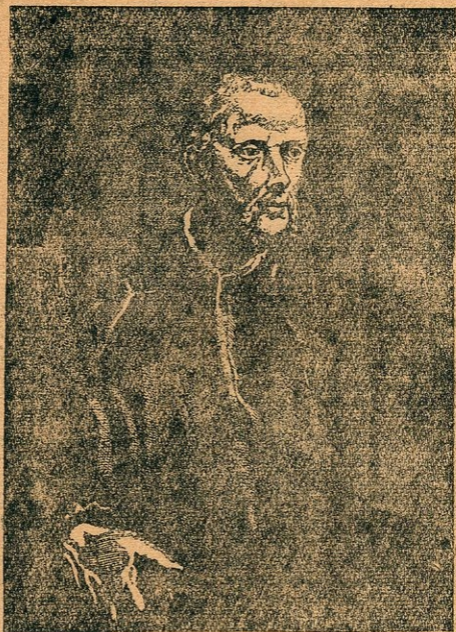
一七二五年厄爾巴赫 (Erbach) 的伯爵夫人，曾設法維護一個私自打獵的嫌疑犯。這個犯人逃出法網以後，便把伯爵夫人所有銀器都變成了金塊，以報她的恩義。金器匠見了這些金塊，也證明並無雜質在內。隨後伯爵聽見了，便向法庭上要求平分她妻子的財寶，結果被來比錫的法庭駁回了。法官聲言這些金塊在未變前，既是屬於夫人的，那麼變過以後當然還是她的財產。

這次為伯爵夫人變金的人，有人以為是拉思開利斯 (Laskaris)，一位鍊金的老手。據斯密特爾氏鍊金術史上的記載，這時有老手五人，即賽頓 (Seton) 氏、費拉來薩 (Philaletha) 氏、外格爾沙克 (Wagnersack) 氏、拉思開利斯氏和賽西發爾特 (Sehfeld) 氏，皆能祕密製造哲人石。不過在化學史上絕沒有人提起過這五個人的姓名。有人又證明費拉來薩就是波義耳 (Robert Boyle)。查波義耳雖曾說過由金變鉛的故事，但他本人並不是一位鍊金術士。豐·海蟒 (Van Helmont) 氏

雖是一位鍊金學說家，卻不能自造哲人石；他所需要的這種材料，完全仰賴別人的供給。所以，又有人推測這些老手是布朗特 (Brand)、孔柯爾 (Kunckel) 和柏策 (Becher) 三氏；因為布氏是硫黃的發現者，而孔柏二人是當時宮庭所僱用的鍊金術士。

【神水】 (Alkalest) —— 鍊金術士不僅想找得變鐵石為黃金的「哲人石」，和使人延年益壽的「長生不老丹」 (elixir vitae)，他們更想求得一種神水，無論世間什麼東西，一經投入其中，便能立刻化而成水。鍊金術士的這種工作，惹起波義耳氏激烈地批評。他在所著的懷疑的化學家第七十六頁曾說過：

「豐·海蟒氏一再告訴他的讀者們，說他自己和巴拉塞爾士 (Paracelsus) 有一種著名的液體，名叫神水 (Alkalest)；凡世上用普通之火 (vulgar fire) 所不能鎔化的物體，一經接觸神水，便立刻分解……海蟒又在好幾處地方，述說他的這種強烈的溶劑，能夠溶解金屬、結晶黃鐵礦 (marchasites)、石塊、植物體、動物體以及玻璃等物……」



巴 拉 塞 爾 士

Philippus Aureolus Paracelsus

眞 姓 名：Theophrastus Bombastus von Hohenheim

1493-1541.

能溶化世間萬物的神水，直到今天還沒發明，當時鍊金術士的這種妄想，自然沒能如願以償。孔柯爾 (Kunckel) 氏雖是一個鍊金術士，但他盡力攻擊神水，他曾這樣反問他們說：假使鍊金術士能發現一種可以溶化萬物的神水，那麼要用什麼東西來盛牠呢？

巴拉塞爾士嘗宣傳自己已經求得了「長生不老丹」，但他本人僅活到四十八歲就一病而死了。試問四十八歲的人算得高壽嗎？

【哲人石的成分】——鍊金術士既用哲人石和長生不老丹等藥品，欺騙歐洲的王侯庶民，達數百年之久，那嗎我們自然會聯想到『究竟哲人石是怎樣配成的』和『現在世上有沒有哲人石留下』一類的問題。

古代希臘韻文的著作裏，有人找出可以解決哲人石成分的材料，但不可據爲定論，這幾行韻語的英文翻譯如下：

“Nine letters have I and four syllables,

the first three syllables have two letters each,
and the last syllable three letters,
and five are consonants. If you——
understand this, you will have wisdom”.

若用中文翻譯，大意如下：

『我有一個用九個字母四個音節拼成的字，

前三個音節各有字母兩個，

最末的音節有三個字母，

其中共有五個子音。若是你——

能瞭解這字，你就有智慧了。』

一般人猜想這字是 *al-ko-ni-con*，牠是一種神化物，能把銅變成白色的金屬。現在世上雖沒有人發現牠，可是將來或者會有人發掘出牠的。

據說一五五五年有一位名叫道爾善特 (Talbot) 的，做烏司特 (Worcester) 的錄事，因與當權者發生意見，逃避於威爾斯 (Wales)。當他客居在一間小旅館的時候，無意間見着一本大家都看不懂的草稿。這草稿本是從一座教皇的墳墓裏掘得的。挖墓的人初以為教皇墳裏，必有寶物埋着。結果除掘出一本草稿外，還有象牙球兩枚，別無他物。剖開象牙球，僅見一隻盛着赤色粉末，一個盛着白色粉末，都不是值錢的財寶。道爾善特花了很多的幾個錢，就把這三件古董買下了。以後他邀約他的朋友笛博士 (Dr. Dee)，又化名叫開利 (Kelly)，一同跑到德國。

在普刺哈 (Prague) 城裏道爾善特成爲名噪一時的鍊金術士，羅馬皇路德福 (Rudolf) 也很重視他。後來因爲在皇帝面前失寵，囚在監獄而死。

總之，鍊金術士的思想是妄謬玄虛的，他們的工作是不切實際的，只因爲他們不斷把各種礦物，單獨的或混合的，拿來加熱或蒸溜，無意中發現了硝酸、硫酸和鹽酸的製法。此外他們又發現了苛性鉀、氨、硫酸鹽、氯化銨 (salmonia) 和其他鹽類多種。

現在最大的化學工業製造廠，其每日製出數千數萬噸的藥品中，有的就是中古鍊金術士所

發明的東西。再者，你若走進最新式的化學實驗室裏，你便會看見那般化學家所採用的製造手續，如蒸溜、溶解、結晶以及架上所放的各種重要試劑（reagents）的大半，還是鍊金術盛行時的發現和發明。培根·法蘭西斯氏在他於一六二三年所著的科學增廣論（*De Augmentis Scientiarum*）一書裏，對於鍊金術的功用有一段很聰明的批評，茲譯錄如次，以作本章結論。他說：

「鍊金術可比於一位老人，當他快要死去的時候，他告訴他的兒子們，說他在葡萄園裏已埋下許多黃金留給他們。兒子們把葡萄樹四周的泥土都抓鬆了，並沒發現金子。但是樹根四周的青苔和亂草被他們這樣除去了，結果長了滿園的好葡萄。所以鍊金術士尋求黃金的苦心毅力，竟使得他們獲得許多有用的發明和有益的實驗，並且間接促使化學走上光明的道路。」

（註一）異極鑛（calamine）是一種鋅鑛，成分爲 H_2, Zn_2, SiO_2 ；金屬鋅是在一七三五年製成的，以前在配合黃銅（brass）時，完全是採用牠的生鑛。

（註二）英名 stater，爲古希臘及波斯的金幣。波斯的名 daric，值一鎊一先令三辨士；雅典的叫 cyzicene-stater。

(註三)塞浦路斯島原名 Cyprus Island 在地中海的東部。

(註四)「齊」即合金 (alloy) 見周禮的考工記。

(註五)拜占庭 (Byzantium) 即君士坦丁堡 (Constantinople) 的古名。

(註六)埃及人傳說鍊金術的鼻祖是麥美士 (Mermes) 有「三倍大」(Trismagister) 的綽號，且有許多古籍託他的名字流傳後世，他對鍊金術有偉大的影響，一般鍊金術士都極崇拜他。但他的生平卻莫由而知。

(註七) Sragyric 一字或由巴拉塞爾士 (Paracelsus) 氏所創用，意即「鍊金術」和「鍊金術士」。

(註八)埃斯科利阿爾爲西班牙馬德里城 (Madrid) 西北二十七哩之大建築物，建於一五六三——八四年之間，包括王宮、貞女院、禮拜堂、大學校、圖書館和藝術館等等。

(註九)完全姓名作 Abu Abdallah Jabir ben Hayyan (Hayyan) bebn Abdallah al-Kufi。

(註一〇)見 *M.P.E. Berthelot: Chimie du Moyen âge*, 3 vols. Paris, 1893.

(註一一) Holmyard: *Chemistry to the Time of Dalton*, 1925.

(註一二) (a) 見 Dr. Johnson: *A Study of Chinese Alchemy*, 此書 1928 年出版，有黃素封譯本，名中國鍊丹術史。
(b) Dr. W.A.P. Martin: *The Lore of Cathay* (其中 pp. 44-71 爲 alchemy in China—the Source of Chemistry)。

(註一三)他的名字亦作 Lull Raimon 關於鍊金術的著作，他有 *Testamentum, Codicillus seu Testamentum* 和 *Experimenta* 三種。

(註一四) *Genical* 指一般藥草而言；其意即謂由該榜 (Galen) 氏所開的藥單而配成的藥料。

(註一五) 該榜的名字又作 *Claudius Galenus*，生於一三〇年，歿於二〇一，羅馬名醫。他沿用亞力士多德的四元素說來解釋藥性，而不知注意牠們的化性。亞惠森那生於九八〇年，歿於一〇三六年，阿拉伯的名醫；他所著的醫書，是十五世紀以前歐洲各醫科大學的教本。

(註一六) 見 *Parker Thomas Moon: Imperialism and World politics*, chap. II, sec. 1.

(註一七) 十五十六世紀歐洲通用的金幣，上有玫瑰花的花紋，流通於一般貴族，故有 *Rose-noble* 的名稱；其大小和價值，隨時代與地域而彼此互異。

(註一八) 此處指經鍊金術士的法術，用賤價金屬所製出的貴重金屬，英文作 *transmuted gold* 或 *transmuted silver*；查鍊金術亦有人譯作點金術，我國列仙傳有「點石成金」的故事，宋聞見後錄又有「點鐵成金」的記載，故今姑譯成此名。

(註一九) *Schmieder: Geschichte der Alchemie*, p. 339.

(註二〇) 歐洲十五世紀至十八世紀間，一般理髮匠多兼做外科醫師，其中有得政府特允的。

(註二一) 見 *Schmieder: Geschichte der alchemie*, p. 312.

第二章 成鹽學說史

英國科學史大家休厄爾(William Whewell)氏在一八三七年著了歸納科學史(*History of Inductive Science*)一書，其中有云：

「酸類和鹼類的關係乃是化合(即化學吸引力)之第一個顯明的符號。」
他又說：

「直到現在，在鹽中的酸和鹼乃是一切理論上重要根據之一。」

本章所要述說的是「成鹽學說」(*salt-formation theory*)，即指酸鹼相遇而成爲鹽之史的探討。

成鹽學說是在第十七世紀所產生的。最初牠和燃燒素學說各自發展，共同存在了一百年之久。燃燒素學說注意火之研究，而成鹽學說則專論溶液。可知成鹽學說起初並未反對燃燒素，燃燒

素學說的崩潰是由牠自身基礎不穩所惹起的慘禍。不過成鹽學說得到定量分析和固定氣體兩種知識的助力很大；若沒有牠們的幫助，火的學說絕不會崩潰如此之速。化學中有了成鹽學說，纔第一步踏進真正科學的隊伍裏。

由巴拉塞爾士氏 (Paracelsus) 所創立的藥物化學派，自然十分重視鹽類，因為他們都信服「汞、硫、鹽」的三元素說。他們又以為人之所以有病，乃是由於這三種元素在人體中分配不勻的原故，欲補救之，非從化學上製造合適藥品不可。豐·海蟒 (Van Helmont) 氏發現人之胃液為酸性，博得當時藥物學家之熱烈注意。此外，他又將前人所作酸鹼的實驗，重行提出；而謂鹼類可用酸類使之飽和。

【鹽】(salt) —— 鹽之原意，本指海鹽或氯化鈉而言；以後遂泛指能溶於水，有滋味，且不受火力作用一類之物體。即酸類與鹼類亦統稱鹽類。其他，無滋味且不能溶解之物質，如白堊和石膏等，則稱做土質 (eartha)。由金屬製成的物質，或可用以取得金屬的物質，凡可溶解者則名為礬 (vitriols)，不能溶解的則名為煨渣 (calxos) —— 如硝酸銀為礬，而氯化銀為煨渣。自巴拉塞爾

士以後，「鹽」字的範圍更廣。不過除酸類、鹼類和礬類之外，在十七世紀以前所知的鹽類，數目很少；大概說來僅食鹽、氯化銨 (sal ammoniac)、硝石、硼砂和白礬等等。

十七世紀化學上主要特色，為鹽之研究，及酸類對鹼類和其他鹽基類的作用。結果製出多數之鹽類，如硫酸鉀、氯化鉀、硫酸鈉、硫酸銨、硝酸銨、醋酸銨、硝酸鈣、氯化鈣等等。凡此種種，皆不是前人從自然界中取得的，全是新的鹽類。其中之氯化銨是塞拉 (Angelus Sala) 氏在一六二〇年所製成的，著名當代。此物原名 sal armoniac，故有人推測或最初由亞細亞西方古國阿米尼亞 (Armenia) 而來。sal armoniac 的名字是後起的。塞拉製取此物的方法，是將揮發性之鹼 (即今日之碳酸銨) 與鹽精 (即今日之鹽酸) 混合而得；並斷定所成之鹽，含有食鹽及揮發鹽 (sal volatile) 二部。塞拉氏的原句如下：

“Synopsis aphorismorum chymiatricorum, sectio prema, aphorismus 38. Sal armoniacum, quo uti chymia consuevit, duabus partibus est compactum, sale videlicet, quod in fuligine lignorum, sanguine item, atque urinis animalium

reperitur; et sale communi. Id quod evidenter apparebit, si partem salis volatiliss
cum debita spiritus salis communis quantitate ad artis proscriptum misceas.”

大概同時，威尼斯地方還有人用尿鹽和煤灰 (soot) 三物，混置一處，加熱而製取氯化銨。

塞拉氏這種顯著的發現，卻對當時化學界沒有若何大影響。推其原因，大概由於那時的藥物化學家，只注意酸鹼二物作用時所生之現象，而不甚注意其作用後的生成物。

波義耳 (Boyle) 氏對化學的問題特別留神，他可說是建設「酸鹼作用後而生鹽」的學說之第一人，他又以為這種鹽裏包含着酸和鹼。不過那時尚未發明物質的測定法，故一種物質的製取和命名都無一定的準繩。例如碳酸鉀一物，可由燃燒植物質而得，亦可由煅燒酒石而成，即用硝石和木炭共同暴燃，亦可得之；因此便根據製取時所用的原料，而稱做木灰 (Potash)、酒石鹽或固定硝 (fixed nitre) 等名，毫無準則。並且這時的學者對於和性鹼和苛性鹼也沒有明晰的區別。不問是由石灰或碳酸鉀作用於氯化銨 (sal ammoniac) 而得的，還是用蛇、鹿角、毛髮、血或尿經熬溜手續而製成的，統名揮發鹽 (sal volatile)，即今日所稱之碳酸銨。波義耳氏首先指出和性

和苛性的鹼類的分別；又經過一百餘年，纔由卜拉克 (Black) 氏加以說明。

在波義耳時代試驗酸鹼的方法，是拿牠們混合時所生之「沸騰狀的起泡」現象作準則的。若將二者中之任一種加入另一種之內，及達飽和狀況，則不能起泡。如用苛性鹼作試驗，亦不起泡，這是波氏所見過的。波氏又發現酸類和鹼類對於植物顏色所起之作用，他曾用這種色素製酊和試紙，以備試驗。例如，他加酸於堇菜 (violet) 汁液中，發現汁液由藍變紅；加入鹼液，則變藍為綠，

——這種發現可算是分析化學的起首。(註一) 波氏反對當時一般人認為酸鹼混合時，常常起泡和生熱的意見，因而舉出起泡而不生熱和生熱而不起泡的例子來駁正他們。(註二) 波氏詳究酸和鹼的各種學說之後，對於「成鹽」(salt formation) 的因果，予以可靠之解釋，至今不變。他說：

「一般人假設酸類和鹼類物質，處於敵對的位置，此種論調，我深不以爲然……他們根據酸爲鹼的對敵，而解釋酸的性質爲如何如何，這真是一點哲學的基礎都沒有。同例，我們因爲恨惡一個兇漢，就斷論人都是畜生，試問可以嗎……我認爲親善和敵對，乃是人類的感情；至於說這些物體中間的同感和反感，全是根據我們自己的理解作用；那般不明真像的人，遂以爲

牠們在混合後而有一種消失的，是由敵對作用而起的了。要知，牠們中間若經過些微機械的改變，或者能使極端敵對的物體，變而爲很親善的。例如，將鹽精（即鹽酸）和揮發鹼（即氨）混置一處，遂起強烈暴動而化合爲鹽，這鹽很像鹵鹽（sal ammoniac）。又將上等硝精（即硝酸）滴入木灰的濃厚溶液裏，及達適當比例，即發熱而沸騰，然後則凝集而成如硝石仿佛之物質。』（註三）

波義耳氏不僅建立了成鹽學說的大理論，同時更發現選擇親和力（selective affinity）的事實，使十八世紀的化學放一異彩；下邊是他自己實驗的報告：

『溶解過銀的硝酸（aqua fortis），如將足量的銅投入其中，及溶解而液體變爲青綠色之後，便有銀從溶液中脫離而出。若再加鐵進去，那些已溶解的銅，仍會容易地再沈澱出來的。這種鐵又能被另一種無味的礦物粉末，所沈澱而出。』（註四）

波義耳氏將硝石和木炭共燒，製成木灰（potash），一種含碳酸鉀的物質；又注硝酸於木灰，發現復變爲硝石相似之物質——故知波氏在證明酸鹼化合成鹽之後，又求得此鹽還原的方法。

(註五)

和波氏同時代的化學家，有三位對於成鹽學說有關係的，即格勞勃氏、達賢尼亞斯氏和藍木瑞氏，現在分別介紹於下。

格勞勃 (Johann Rudolph Glauber, 1604-1668) 氏長波義耳氏二三歲，德國早期的工業家。他的著作由巴克 (Christopher Paucke) 氏譯成英文，一六八九年刊行。其學說主巴拉塞爾士，帶煉金術之氣味頗重。他嘗用礬和食鹽蒸溜得海水酸（即鹽酸）；又用硝和食鹽蒸溜得硝酸。又利用所得鹽酸溶解金屬，而製出氯化鐵、氯化汞、氯化金和氯化銻等鹽類。他用尿精和純硫酸 (oil of vitriol) 作用而製成之礪砂 (sal ammoniacum secretum)，在他的著作中，曾把各步製造方法，敘述特詳。格勞勃製成之含水硫酸鈉 $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ，以「格勞勃鹽」(Glauber's salt) 著聞於世，前已言之。

達賢尼亞斯 (Otto Tachenius) 氏與波氏同時，惟生卒年月及國籍不明，著希波革拉第派的化學 (Hippocrates Chymicus) 及化學語錄 (Clavis) 二書，一六六六年刊行於威尼思，後十

一年始有英文譯本。希氏爲古希臘時代之醫學家，曾創有「四元素之生理學說」，認爲此等元素各有特性，如「地乾、水溼、火（卽以太）暖、風（卽空氣）寒」等等（見湯譯永井潛著醫學與哲學頁三九）。達氏把他的火水兩種要素，解釋爲酸和鹼。達氏又說：「由酸可生兩種陽性的特質，卽熱和燥；由鹼則生多種陰性現象，如冷和溼等等，一切匯流合一，則能發生混合體。」他又說：「宇宙間的森羅萬象，究其極完全是由這兩種普遍的要素而構成的。」達賢尼亞斯這樣認爲宇宙間一切物類均含鹽在內，而鹽中又含有酸和鹼——因此有人以爲他是「成鹽學說」的創始人，不過他的概念太廣泛了。

藍木瑞 (Nicolas Lemery, 1645-1715) 氏比波氏輕十八歲，著有化學教本 (*Cours de Chymie*) 一書，一六七五年初版，當其在世時曾重版十三次，風行歐土幾達一百年之久。英文本由哈利 (Walter Harris) 氏迻譯，刊於一六七七年。藍氏這本書，是當時最成功的近代化學教本，自不待言；又其中所介紹的鹽類，其詳實豐富，亦高人頭地。

在波義耳氏實驗室中，有一位和他共同從事實驗工作的荷木柏格 (Tomberg) 氏，曾於一

六九九年在「成鹽」研究上開拓一個極重要的局面。這就是他測定鹽中所含之酸量和鹼量。他當時所用的酸是醋酸、硝酸、硫酸和海水酸（鹽酸）；所用的鹽基是碳酸鉀。他對於中和作用時所放出的二氧化碳未曾顧及，因為這種氣體的固定法，發現於一七五六年；荷氏生時尙未之聞。但荷木柏格氏測量鹽類成分的方法，卻從此爲人所採用。他先用定量的鹼，加酸飽和，然後蒸去水分，再秤所得之鹽。其所得結果，開列於次，惟失去之 CO_2 未曾計入。在荷氏結果之下，更附現在公認之數值，以便比較。

類 別	醋 酸 鉀 確 酸		鹽 基 酸 鉀 確 酸		鹽 基 酸 鉀 確 酸	
	鹽 基	酸	鹽 基	酸	鹽 基	酸
荷木柏格氏一六九九年的結果……	四七	五三	四七	五三	四九	五一
目下所公認的數值	四八	五二	四六·五	五三·五	五四·一	四五·九

荷木柏格氏由其實驗，斷定一切酸類皆含有相等的化合值，此實大誤。這種錯誤，直至卜拉克氏發現石灰石、碳酸鎂（magnesia）、碳酸鉀（potash）及碳酸鈉（soda）等物，皆爲苛性鹽基和氣體

酸 (gaseous acid = CO_2) 所合成的鹽時，方纔大白於世；這時是一七五四年，距荷氏的發現已隔五十五年之久了。

十八世紀的前半，化學並沒有大進展，這時呼聲最高的學說是赫弗理 (Etienne Francois Geoffroy, 1672-1781) 氏「選擇親和力」前已言及。赫弗理就波義耳和牛頓二氏所提出物體間吸力之假定 (註六)，曾於一七一八年和一七二〇年在巴黎學院報告 (Memoires Paris Academie) 上，發表他研究親和力 (亦稱愛力) 的結果。其中共列愛力表 (Tables des Repports) 十六種。這種表的編製法，我們在此可略加說明。例如酸類在表中的次序，是按牠們對於鹼類和鹽基的愛力強弱作標準的；金屬的次序，是依牠們對硫的愛力做準則的。後來在一七五六年，卜拉克氏更製出各種物質對固定空氣 (二氧化碳) 的愛力表；拉瓦錫氏製出氧的愛力表。再後柏格門 (Bergman) 氏曾據各物質的化合量，而用數字來表示。及一八〇二年法國化學家貝叟來 (Berthollet) 氏發表「揮發、不溶解和質量對於化學反應之影響」等學說 (註七)，極力反對柏格門的主張，於是以前的愛力表遂不復為世人所重視。

法國儒耳 (Gurlaume Ronelle, 1703-1770) 氏爲拉瓦錫氏的教師，馬柯魁爾 (Macquer) 的門人，以教授化學著名當時。在一七五四年，他對於鹽的定義，立下一個空前明顯範圍，使得成鹽學說擴張了向來的領域。他把一切植物酸或礦物酸和任何鹼類作用而成之化合物，統稱爲鹽。(註八) 此外，又把鹽類分爲中和鹽、酸性鹽和鹽基性鹽三種。

英國化學家卜拉克 (Joseph Black, 1728-1799) 氏曾在一七五四年發表一篇重要的論文，題爲鹽基性碳酸鎂·石灰和其他鹼質的實驗 (註九)。這篇論文要點本爲「苛性」的解釋，但由他實驗的結果，證明空氣以外有另一種新氣體之存在，更由他所採用的方法，又爲化學開一個定量試驗的新紀元。拉姆塞 (Ramsay) 說過「在卜拉克以前，gas 這個字沒有多數（即無 gases）」，這是實情。卜拉克氏用鹼液（如石灰水）以吸取二氧化碳氣，使之成爲不溶解的白色沈澱，故卜氏稱二氧化碳爲「固定空氣」(fixed air)，這是最初發現的一種新氣體。

卜拉克用白堊（碳酸鈣） CaCO_3 喱 (grain)，加火燒燼，剩下石灰六八喱；所失去的五二喱，卜氏證明爲放出的固定空氣。這個實驗是荷木伯格 (Homburg) 氏以後第一次真實的定量分析，

請見下表：

類	別卜拉克的實驗現在公認值
石	五六·六%
灰	五六%
固	四三·三%
定	四四%
空	
氣	

卜氏的結論，起初不為一般學者所同情，甚而有反攻他的；及拉瓦錫氏將養氣固定之後，極力贊助卜氏的主張，這時纔獲得學術界的公認。

在十八世紀最後二十五年內，一方面新氣體接踵發現，一方面努力進行鹽類的分析工作，結果遂使拉瓦錫率領着當代化學界的生力軍，把百餘年來流傳的燃燒素學說打得體無完膚。這隊生力軍的將官計有柏格門 (Bergman)、溫塞爾 (Wenzel)、客爾萬 (Kirwan)、德·毛利 (De Morveau) 和李希特 (Ritcher) 諸氏。其中尤以溫塞爾的實驗為最正確。由於他們的結果，使得我們的化學上添加一條「交互比例的定律」(The Law of Reciprocal Proportions)。

交互比例定律亦作當量定律，一般都信認是李希特所發現的。這條定律的含義，就是說兩個

元素或化合物 A 和 B，各能與第三物體 C 化合，則 A 和 B 自相化合的比例，須依牠們各和 C 化合的比例，或是牠們的簡單整倍數。(註一〇)總之，李希特的這種發現和拉瓦錫的氧之燃燒作用的新化學，在成鹽學說的定量研究上，是彼此有關的。

【倍比例定律的成立】——這條倍比例定律最初並不是由鹽類的研究而成立的。道爾頓 (John Dalton) 氏在一八〇四年親自分析沼氣和成油氣，發現牠們含有的氫量，約為 1:2 的關係；又發現 CO_2 和 CO 中的氧和碳的比例為 14:5 和 7:5 的比率，於是創立倍比定律；更由此而發明原子學說 (atomic theory)。不久之後，這條定律就運用到鹽類的分析了。例如一八〇八年武拉斯吞 (Wollaston) 氏發現碳酸物和重碳酸物中，酸鹼二物的化合比例為 1:1 和 1:2；又托姆松 (Thomas Thomson) 氏證明三種草酸化物中的比率為 1:1, 1:2 及 1:4，而名為 oxalate, binoxalate 和 quadroxalate。

【定比例定律】——

在鍊金術時期和製藥時期，化學上沒有定性和定量的工作；到了燃燒素時期，大家纔重視定

性的實驗。定量的工作是從卜拉克和拉瓦錫二人開始的。他們二人的工作，似乎已暗中拿定比例定律做根據了。道爾頓的學說謂原子不能再分，並且每種原子各有不同的重量；因此也可以說定比例的定律是從他的學說申引出來的。不過初次具體提出這種定律的是普勞斯特（Joseph Louis Proust），同時他自己也首先用試驗證明了。

普勞斯特在一七九九年曾發見天然碳酸銅和人造碳酸銅，其成分完全無異；他的試驗結果如下：

重量一〇〇份的銅，放在硫酸或硝酸的熱溶液中，若用碳酸鈉或碳酸鉀使之沈澱，每次可得一八〇份綠色碳酸銅。蒸溜碳酸銅，則發生一〇份水；最後在碳酸氣放出後，剩黑色氧化銅一二五份。總之，從一〇〇份銅永遠得一二五份黑色氧化銅。屢試不爽。故人造碳酸銅的成分是：

銅	= 100 =	55.6	
氧	= 25 =	13.8	}
			69.4
碳酸氣	= 45 =	25	

水

$$= 10 = 2.6$$

(鹽基性) 碳酸銅

$$= 180 = 100.0$$

他把一〇〇份天然礦物孔雀石 (malachite) 溶解硝酸之中，及碳酸氣放出，則有一%土質殘渣剩下；將此液洗滌，設法還原，則可得九九%的人造碳酸銅。又用同樣的孔雀石一〇〇份，放坩鍋中煨燒，則有七一份黑氧化物剩下。如減去不潔之物體二%，只剩六九份。這些六九份的氧化銅，與九六份人造碳酸銅大略相似。

總之普勞斯特由試驗所發現的，可分為三條：第一、無論用火燒方法，或溶解於硝酸，或其他方法，但銅在氧化之後，永久不能超過二六%——即從一〇〇份的銅，只得一二五份的黑色氧化銅。第二、天然的碳酸銅，可用化學方法變為人造的碳酸銅，而其重量相同。第三、天然的碳酸銅和人造的碳酸銅，其成分幾乎完全相同。

拉瓦錫的門徒貝叟來 (Berthollet) 不承認普勞斯特的學說，可是他的先生拉瓦氏是早已默認定比例的定律的。當一七九九年普氏發表他的碳酸銅的試驗時，貝氏在埃及也發表他自己著

的『化學愛力定律』這篇論文中所持的論調，正和定比例的定律相反。貝氏說，一種物質可與有交互愛力的另一種物質，以一切比例相化合，其比例不必一定。後來貝氏在他的「靜力化學」的論文中，又敘述這個觀念。自一七九九到一八〇八年前後的八年之間，二人各持一說，不肯相讓。但二人始終在真理上辯論，毫無意氣用事的地方。浮茲(Wuriz)氏批評他們道：『他們自始至終的討論，雙方各有論理的力量，又各尊敬真理與正誼。』到了最後，貝氏所說的道理，被普氏一條一條的都駁倒了，從此這定比例的定律纔宣告成立。

(註一) Shaw: *Boyle*, Vol. II, p. 71.

(註二) Shaw: *Boyle*, Vol. III, p. 436.

(註三) *Boyle's Chemical Doctrine of Qualities Examined*, Vol. III, p. 439.

(註四) Shaw: *Boyle*, Vol. I, p. 522.

(註五) *Boyle's A Fundamental Experiment Made With Nitre*, Vol. I, p. 297.

(註六) 關於波氏的，請見 Shaw: *Boyle*, Vol. I, p. 522 又關於牛頓氏的，即其所著之 *Optics*。

(註七) Bertholet: *Essai de Statique Chimique* (靜化學論) 丁緒賢先生著化學史通考 311-313 有簡

明的介紹，可以參閱。

(註八) 見 *Mem. Sciences Inst. Paris*, 1754.

(註九) 原稿爲拉丁文，英譯本見 *Edinburgh Physical and Literary Essays*, 1755.

(註一〇) 李氏的交互比例定律，是經過他同時化學文獻翻譯家 Fischer 氏的整理和介紹，纔爲世人所重視的。

第四章 氣體固定方法史

酸氣（二氧化碳）的發現，和利用鹽基性溶液以固定此種氣體而變成鹽的方法，對於當時化學界曾誘起下列兩種新觀念，即：

（1）世間有化學性質不同的各種氣體存在；

（2）這些氣體可以固定（即使之與別物化合），亦可以再放出；並且這種氣體能用固體物質依人工方法來製備。

這兩種新觀念都是卜拉克氏在一七五四年所建立的。在這時以前，他們把人工所能取出的氣體，如今日的輕氣、碳酸氣、二氧化硫氣等，都認為是空氣。豐·海蟒（Van Helmont）對於這種假設最初發生懷疑，因而改稱人造空氣曰 *gas*（氣體）；據他說，這個字是由 *chaos* 衍變而來的，原意為「渾沌」。直到十九世紀的初葉，*gas* 這個字纔逐漸為一般學者所採用。

在 Gas 一字未通行前，指氣體的名詞，海蟒氏用 *flatus*，波義耳氏用 *factitious air*，拉瓦錫氏用 *elastic fluid* 和 *elastic fixable fluid*，梅猷氏 (Mayow) 叫 *spiritus*，海力士、卜拉克、加萬粒粟和普里斯特利 (Priestley) 四氏統用 *air* 一字。

據豐·海蟒氏研究的結果，他認為在下列五種情形之下即有氣體發生，酒漿和麵包的發酵，植物質與火的作用，火藥的爆發，木炭的燃燒，以及從天然穴洞 (Grotto delle Cane) 放出等。

在化學的應用以外，科學史上第一位證明空氣的存在，可推意大利的托利徹利 (E. Torricelli, 1608-1647) 氏。托氏曾用滿盛水銀的玻璃管，倒置水銀槽裏，以證實空氣的重量 (一六四三)。波義耳氏察得物質在閉器中燃燒，可以減少空氣的容積。以前，勒·嚴 (Jean Rey) 氏在空

中煅燒鉛和錫，發現牠們都能和空氣化合而增重。霍克 (Robert Hooke) 氏更推廣勒氏的觀察，建立燃燒作用的原理。他曾說過沒有空氣則不起燃燒，又謂硝石的作用與空氣相當。(註一)

燃燒時所固定之空氣中一部分的氣體，由梅猷 (John Mayow) 氏的研究，大白於世。(註二)

梅氏是首先發明用水槽以收集氣體的化學家。除證實空氣和燃燒的關係外，又證明空氣對於呼

吸及金屬煨燒的重要性。梅又曾辨明空氣中有兩種成分：一種可助燃燒與呼吸，一種不能。他的根據是由下列數種實驗而起的。(1) 燃蠟燭和樟腦於水面上，覆以倒瓶；(2) 放小鼠於水面木板上，以瓶罩之——結果均見瓶中空氣容積減少，因此發現空氣中含有助燃燒和不助燃燒的兩種氣體。又有一套試驗，(1) 燃燭並放小動物一隻於玻璃罩內，則見燭火先熄，動物隨而死去；(2) 在玻璃罩內祇放小動物，而不燃燭，則動物生命可以加增；(3) 罩內先燃蠟燭，及燭熄後，再放動物，則動物立斃——結果，他證明空氣中含有可助呼吸的氣體。梅氏當時的人，都認呼吸可使血液變冷，他卻證實能夠變暖。同時他又證明硝石、硝酸及其他各種酸中，皆含有和空氣裏相同的成分。這種能助燃燒和呼吸的一部分氣體，梅猷特稱做「火氣」(Fire-air) 或「硝氣精」(spiritus nitro-aeris)。此外，他又說大氣中所含之火氣，僅當其總容積四分之一，並且已用作呼吸或燃燒後的空氣，則不能再幫助燃燒或呼吸。

海力士(Stephen Hales, 1677-1761) 出生時，梅猷纔逝世兩年。在他致力於化學研究工作時，多少還受到梅氏的影響，因為他們同是英國人。海氏祇注意於測定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重量，而對於梅氏的遺業未嘗推進。海力士氏製取且測量過的氣體，如以今日通用之名稱表之，計有輕氣、煙的氣體、碳酸氣、淡氣、養氣和一氧化氮氣。梅氏對這些氣體並未加以甄別，祇是把其中可以燃燒的提出了。發酵和燃燒兩種作用，他認為相同，這是錯誤的。

卜拉克氏的出世和海力士植物研究 (*Vegetable Statics*) 一書的出版，同是在一七二八年。

卜氏生於法國，受教於蘇格蘭之格拉斯哥 (*Glasgow*)，從古廉 (*W. Cullen*) 氏研究化學。卜氏研究鹽基碳酸鎂、石灰和其他鹼性物質的結果，曾於一七五四年用拉丁文刊行問世，以作博士學位的論文，名為 *De Humore Acido a Cibis Orto et Magnesia Alba*，這本論文，後來又在 一七五五年六月五日出版英文的增訂譯本，名為 *Experiments upon Magnesia, Quicklime and Some Other Alkaline Substance*。鹽基性碳酸鎂·石灰和其他鹼性物質之試驗。卜拉克在這本報告

裏貢獻好幾種重要的發現，(1) 碳酸鎂和石灰 (碳酸鈣) 的區別，(2) 石堊 (碳酸鈣) 和生石灰 (氧化鈣) 的差異，(3) 苛性鹼和和性鹼的不同，(4) 嗅鹽 (碳酸銨) (註三) 和鹿



梅猷 (John Mayow, 1645-1679)

角精（氨）的分別。卜氏最大的發現要推固定空氣（二氧化碳）之性質的確定。他認這種氣體和普通空氣不同；牠含在固體物質之中，但可借熱力和酸的作用而驅出，其重量可由其化合物之增重而求得，約為白堊重量之十二分之五，和鹽基碳酸鎂之十二分之七。至於這些發現對於成鹽學說的關係，前章已有介紹，茲不復贅。

卜氏的發現甚多，現在為求便於瞭解起見，特撮要開列於次：

- (1) 世間有一種氣體存在，他稱做固定空氣 (fixed air)；
- (2) 將石灰石或和性碳酸鎂 (mild magnesia) 強熱之後，即有此氣放出；
- (3) 注強酸於石灰石、碳酸鎂或和性鹼上，亦有這種氣體放出；
- (4) 這種氣體可以由一種物質而移入另一種物質之內，而不致損失；例如由和性鹼而移到苛性鹼之中；

- (5) 牠是一種酸氣；牠和苛性鹽基化合而成的鹽類，就是和性鹼和土質 (earths)；
- (6) 固定空氣與普通空氣不同。

這種與普通空氣相異的氣體發現之後，又能用人工方法使之固定，於是研究氣體的風尚，遂盛極一時。就是八六年以來沒有人光顧之梅猷的實驗記錄，和六十年前海力士發表的古董，都成爲應時的材料了；這時的化學界突然表現下列兩條研究的途徑：

(1) 新氣體的發現，及其性質的決定；

(2) 新氣體的固定法。

在第一條路徑上最有貢獻的，當推加萬粒粟 (Cavendish)、拉忒福德 (Rutherford)、普利斯特利和徐萊 (Scheele) 四氏。拉瓦錫氏的貢獻，全在新氣體的固定。

前此被人發現的可燃氣體 (inflammable gases)，已有輕氣和烴的氣體兩種。酸類和數種金屬作用後所放的氣體，可以燃燒，德·美爾英 (Turquet de Mayer) 氏和波義耳氏都曾見過。海力士也曾取得數種可燃的氣體。巴庫 (Baku) 煤鑛裏所放的爆發氣 (fire-damp) 等，久爲世人所熟悉。一七五〇年布勞利格 (W. Brownrigg, 1711-1800) 氏曾把這裏的爆發氣，運到英國白天城 (Whitehaven) 內他自己的實驗室裏加以研究——這可說是科學史上在實驗室裏

裝置氣體的第一次。

【氫】——第一次證實金屬與酸作用所放的可燃空氣爲獨立單體的，是英國的加萬粒粟氏，因此我們奉他爲氫的發現者。（註四）加氏嘗用「蒸汽密度法」(vapour density)以測定氣體的比重。在他假定空氣的密度等於一時，曾求出可燃空氣 (H_2) 的密度爲 0.09 ，又固定空氣 (CO_2) 爲 1.57 ——這兩個數值都比實際略大，若空氣爲一時， H_2 約合 0.07 ， CO_2 約合 1.52 。他在製取輕氣的定量研究上，依重量的比例，曾發現一份的輕氣放出，須耗費二二份的鐵，二八份的鋅或四四份的錫。這些數值都因爲氫的密度錯誤而錯誤，全比目下公認的數值相差太多。

加氏發現可燃空氣後，經過二十一年，才由拉瓦錫命名爲 *Hydrogène*，意即「水素」。

【氮】——淡氣最初是在空氣裏發現的，隨後又在氨和硝酸裏察得牠。武忒福德氏在一七七二年曾採用梅猷和海力士的實驗法，考察已被燃灼的木炭所烘過的空氣（即用燃燒的木炭通過密閉的空氣），和已被動物呼吸過而又用鹼液以除去其中「固定空氣」的殘氣，結果他發現皆帶有毒性。（註五）煨燒金屬後所殘餘的空氣，燃燒硫或磷後所殘餘的空氣，雖其中已竟沒有固定

空氣存在，但武氏證明牠們都仍帶着毒性的。

武忒福德對牠雖實驗了一番，卻未另命新名。普利斯特利氏用鐵粉和硫黃的混體，放在密閉的空氣中燃燒，除去養氣，而取得這種氣體。因此他認為這氣被燃燒素所飽和，遂稱作「燃燒素化的空氣」(phlogisticated air)。拉瓦錫氏在空氣中燃硫黃以除去養氣，而取得牠，稱做 azote，有「無益於生命」的意思。徐萊 (Scheele) 氏分解雷酸金 (fulminating gold)，使氮在王水中與金液作用而生沈澱時，獲得這種氣體。貝叟來 (Berthollet) 因此聯想到氮中必有這種氣體存在。德·法柯 (Fourcroy) 以為氮與鹽基性的氨有關，特定名為「鹽基素」(alcaligène)。

加萬粒粟用木炭燃燒硝石，收集所放的煙，再用鹼液以吸去煙中的固定空氣 (CO_2)，因而取得淡氣——可知他是用硝酸物作材料的。後來他把養氣和淡氣的混合體，放在水面之上，以電花通過，而「合成」硝酸，因而證明硝酸中含有氮素。惟加氏深信燃燒素學說，故沿用「燃燒素化的空氣」以名氣。及一七九〇年左右，法國察普塔 (Chaptal) 纔定名為 nitrogen，不過法國至今還稱牠做 azote 的。

【氧】——在波義耳著的懷疑的化學家第三三三頁上，有下邊一段實驗的記錄，他說：

「將水銀放在玻璃管裏，祇用火去燒，就可以失去銀子的光澤而變做紅色的物體；這種紅色物體，也不須加入任何東西，仍能還原為原有光澤的水銀。」

祇用熱就可以把水銀變成紅色物體，以前阿拉伯的海鹽氏（註六）早已知道。這種物體名為「自沈澱」（*precipitate per se*）。借硝酸的作用而得之化合物，名曰「紅色沈澱」（*red precipitate*）。

梅猷氏（*Mayow*）已預言過氧的存在，認為是空氣裏和硝石裏所含的「硝氣精」（*nitro-aerial spirit*），但未曾取出。海力士（*Hales*）氏或曾由燃燒硝石和鉛丹（*red lead*）時取得養氣，但他不知道這種氣體是和普通空氣不同的。普里斯特利氏曾重做海力士的實驗，由加熱硝石而取得這種當時唯一的人造空氣，且證明其對於動物的生命並無毒害。一七七四年普氏在用取火鏡（雙凸鏡）加熱水銀煨渣（氧化汞）時曾獲得養氣，同年貝岩（*P. Bayen*）氏在屈頸甌中加熱水銀煨渣，也發現金屬汞（註七）。惟皆未曾研究所放出的氣體。且看普里斯特利氏自己的報

「用這器物（取火鏡）我做過各種不同的實驗，以後在一七七四年八月一日想由「水銀煅渣自身」（*mercuritus calcinatus per se*）提取空氣，不久就發現有空氣被取火鏡從那水銀煅渣裏趕出。所得的空氣，約三四倍於我的器皿的容量；加水進去，見其不能吸收，使我詫異萬分。在這空氣裏燃燭，火焰輝煌無比，很像氧化氮與鐵或硫肝（*Liver of sulphur*）相接觸時，而燃燭其中的火焰一般；但因除從這種變相的氧化氮以外，從任何空氣中我絕沒見過這種非常的現象——而且我知道在製取水銀煅渣時也沒有氧化氮存在，我完全不懂得如何來解釋牠是好。」

普里斯特利在這年的十月裏，曾親自到了巴黎把他的這種觀察告訴拉瓦錫。

同年法國拉瓦錫氏把這種氣體固定在金屬之中，獲得煅渣（*calxes*）；讓牠與非金屬化合，則生酸類；且發現煅渣比原金屬較重。接着又證明這種氣體是空氣中最宜於呼吸的一部分；牠和碳化合，可生固定空氣（ CO_2 ）。拉氏把這種助燃燒和助呼吸的空氣的性質研究清楚之後，就在翌年

(一七七五)春季的巴黎國家科學院的會報上發表了。不過這種氣體，拉氏先稱做「生機空氣」(vital air) oxygène 這個名字，是他在一七七七年纔定的。

英國人有的以為一七七五年春拉氏發表關於「助呼吸的空氣」的報告裏，未曾提起英國普利斯特利的大名，「當然不免有掠人之美的嫌疑」。(註八)「殊不知拉氏所得自普氏的報告，並不能比他自己從波義耳、海力士和貝岩的著作裏所見的為多」(J. F. March, F.R.S. 所說)並且在一六六九年，英國梅猷氏已測定空氣中「硝氣精」(即氧)的性質，惟未能取得純體；又瑞典徐萊氏亦曾在一七七一年，由數種物質中發見此氣；前已言之，那種普氏所發現的「我完全不懂得如何來解釋牠是好」的氣體，真不比梅、徐等氏所見的高明幾多；無如英國為要增加國際上學術的體面，便羣起非議，那位死於斷頭臺下的法國拉先，生並於一八七四年八月一日在柏明罕 (Birmingham) 替普氏鑄起像來。

若批評拉瓦錫氏「掠人之美」，我們也可用事實為他辯護。當他在一七七七年採用普利斯特利的實驗而證明硝酸的性質時，後來在他的報告末尾，他曾坦白地寫了下面的話：

「我始做這報告時，已向普利斯特利先生表示敬意 (en rendant hommage à M. Priestley……) 因為他的大部分研究含有興趣。現在這報告束結了。但事實顯然告訴我們：空氣不由亞硝酸 (acide nitreux) 構成的，如普氏所設想，——在我看來，亞硝酸卻是由空氣構成的。」

並且拉氏因為採用卜拉克氏的「氣體的固定法」而得了很大的助力，一七八五年他寄一本自著的化學概論 (*Traité de Chimie*) 與卜氏時，曾寫着「足下在拙著中，可以看見有些意見，是你最初播下的種子。」又在寄化學概論與愛丁堡皇家學會的時候，他寫過這樣一句話：

「貴會會員中，能有創立「空氣固定」之學說的卜拉克博士，實為諸位的光榮。」凡此皆足以表現拉氏的真品格。

總之養氣和氧化的現象發現之後，整個的化學都從此改變了。所以柏特羅 (*Berthelot*) 氏認為氧的發現為「化學的革命」 (the chemical revolution)。至於論到空氣的固定法的成立，我們可認為由梅猷 (*Mayow*) 氏開其端，由卜拉克氏促其長，而由拉瓦錫氏完其成。

(註一) R. Hooke: *Micrographia* (微物誌詳), 1665.

(註二) John Mayow: *Tractatus Quinque Medico-physici*, 1669.

(註三) 英文作 *smellingsalts* 亦作香藥。

(註四) 見 *The Philosophical Transactions of the Royal Society*, London, 1766.

(註五) Rutherford: *De aere fixo dicta aut mephitico*, 1772.

(註六) 見本書第二章註九。

(註七) *Journal de Physique*, 2, 280.

(註八) 見英國倫敦大學科學學士丁緒賢先生著化學史通考，一九二五年北大本，頁九八；丁氏亦持英國人一般見地。

第五章 原子學說史

在前兩章裏，我們曾介紹過化學上兩大學說：鹽類的造成和空氣的固定。本章擬將英國道爾頓 (John Dalton, 1766-1844) 氏的原子學說 (atomic theory) 加以剖析說明，這個學說乃是化學上第三個最大的概念。

道爾頓的原子說是由他的倍比定律推演而成的。在道氏以前，除了李希特 (Richter) 氏對於鹽類比例的量法以外，完全都是用百分法；就是鹽類的比例，也祇說道「中和」時酸和鹼的對比；這一點在前章已略加介紹，茲不復贅。

關於物質由最微粒子的原子所構成之觀念，並非創自道爾頓，紀元前數百年已有希臘哲人先後發明。其中最著名的要推德謨頡利圖 (Democritus, 460?-362? B.C.) 和伊壁鳩魯 (Epicurus, 341-270 B.C.) 二氏。和原子說一同發生的，還有兩個重要的觀念，同由希臘哲人提出，即「物質

之「不生不滅說」

和「物性之均一

(uniformity) 觀

念」。紀元前一世

紀羅馬詩人琉克

理細阿 (Lucretius)

氏在所著的

De Natura Resum

裏，對於物質

的不生不滅，曾用

韻語作下列的解

釋：



「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；

可是草木把牠吸來，長成花葉果實

——欣欣向榮。

萬物都不會死，每死必有生。」

琉克理細阿並且說明物質永遠相同的定律；又謂物質雖表現靜止的樣子，而其中的原子卻無時不在運動。他拿兩隊大軍在曠野上會戰作譬喻，說道：

「在遠遠山地的曠野上，

兩隊敵軍正在拚命；

看來只有一片靜止的火光，

實則肉飛血湧，人馬奔騰。」

「物質不滅說」由拉瓦錫氏所證明，「物質的均一說」由普勞斯特 (Joseph Proust) 氏所證

明。普氏曾把實驗室中所製取的物質與天然產物相比較，發現二者的「組成」完全相同；如碳酸銅的沈澱和孔雀石一樣，便是明例。

在道爾頓氏發表他的原子學說之前，已發現數種物質，其元素之化合比例不同。如碳和氧的化合物，那時有碳酸和氧化碳 (carbonic oxide)。碳酸，即今之二氧化碳，由卜拉克所發現，經拉瓦錫分析研究。氧化碳，即今之一氧化碳，初由普利斯特利所發現，後迭經可如克山柯 (Cruikshank)、德素爾默 (Desormes)、氏、克來孟 (Clement) 氏及道爾頓諸氏的分析研究，而尤以道氏的分析結果為最確。這兩種物質構成的百分比可表示如次：

類	別	氧	化	碳	碳	酸
氧				五七·一		七二·七
碳				四二·九		二七·三

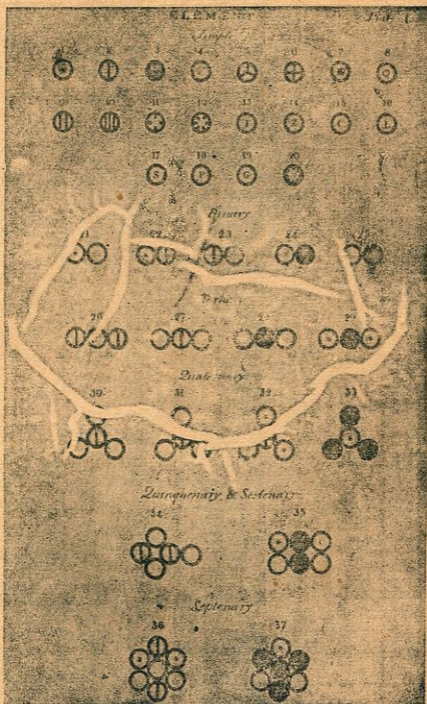
但道爾頓氏以氧原子的重量為七，又碳原子為五·四（在這種比例中，氧和碳所化合的氫原子重，各皆為一），那嗎這兩個化合物的成分，可表如下：

類	別	氧	化	碳	碳	酸
氧				七		二乘七
碳				五·四		五·四

故碳一原子和氧一原子相化合，則成一氧化碳，又碳一原子和氧二原子相化合，則生二氧化碳。

道爾頓氏所求得的原子量（表中係一部分）

元	素	量=1	量=8	元	素	量=1	量=8
4. 氧		7	8	20. 汞		163	191
1. 氫		1	1.1	15. 銅		56	64
2. 氮 (azote)		5	5.7	13. 鐵		50	57
3. 碳		5.4	6.2	16. 鉛		95	108
6. 硫		13	15	14. 鋅		56	64
5. 磷		9	10.3	鈉		21	24
17. 銀		100	114	鉀		35	40



表一 道爾頓氏原子符號的原表(Dalton's Atomic Symbols)

在上表中元素名稱左邊的數字，係指附表一中道氏「原子符號」(atomic symbols)而言

的。但道氏表中並無鈉和鉀的符號。圖中符號7爲氧化鎂 (magnesia)，符號8爲石灰，符號9爲蘇打 (soda)，符號10爲木灰，符號11爲 (strontites)，符號12爲重土——這六種道爾頓氏皆目爲元素，惟後此不久，即被人證明爲化合物。

原子符號自21至25，道氏稱做「二原子化物」(Binary)，自26至29爲三原子化物 (Ternary)，自30至33爲四原子化物 (Quaternary)，34爲五原子化物 (Quinquenary)，35爲六原子化物 (Sextenary)，自36至37爲七原子化物 (Septenary)。道氏對每種的說明如下：

符號21 爲水一原子——由氫和氧各一原子而成；

符號22 爲氨一原子——由氫和氮各一原子而成；

符號23 爲亞硝酸 (即 N_2O) 一原子——由氮和氧各一原子而成；

符號24 爲成油氣 (乙烯) 一原子——由氫和碳各一原子而成；

符號25 爲氧化碳 (即 CO) 一原子——由氧和碳各一原子而成；

符號26 爲氧化亞硝 (即 NO) 一原子——由氮二原子與氧一原子而成；

- 符號 27 爲硝酸（過氧化氮）一原子——由氧二原子與氮一原子而成；
- 符號 28 爲碳酸（ O_2 ）一原子——由氧二原子與碳一原子而成；
- 符號 29 爲碳化氫（甲烷）一原子——由氫二原子與碳一原子而成；
- 符號 30 爲氧硝酸（即硝酸）一原子——由氧三原子與氮一原子而成；
- 符號 31 爲硫酸一原子——由氧三原子和硫一原子而成；
- 符號 32 爲硫化氫一原子——由氫三原子和硫一原子而成；
- 符號 33 爲醇一原子——由氫一原子和碳三原子而成；
- 符號 34 爲亞硝酸一原子——由氧三原子和氮二原子而成；亦即由原子 23 + 27 而成；
- 符號 35 爲醋酸一原子——由氧氫碳各二原子而成；亦即由碳二原子和水二原子而成；
- 符號 36 爲氨之硝化物一原子——由硝酸、氨和水各一原子而成；
- 符號 37 爲糖一原子——由醇和碳酸各一原子而成。

道爾頓氏所謂之水一原子和糖一原子等等；實即今日的一分子，這是要特別注意的！

道氏的原子量，一眼看來，便知牠們並不正確；但經仔細研究之後，又覺牠們無甚大錯。不過有一點要特別指出的，就是他把氧的原子量和水的組成弄錯了。他據個人的測定和當時人的報告，認定水中氫和氧之比為 $1:7$ ，這是不對的。以前在一七八三年，加萬粒粟氏曾謂水中氫和氧的容積之比為 $2:1$ ，數值甚確；惟水的密度那時尚未測出。但加氏嘗定空氣的密度為 1 ，而求得氫的密度為 0.09 ；後來道爾頓氏求得為 0.0805 ；現今公認的數值為 0.07 ，故知道氏方法比加氏為較精。一七八三年拉瓦錫氏測得水中氫和氧的重量之比為 $1:6.64$ ；一八〇七年德·索緒爾(De Saussure)氏所測得之數為氫 1 ：氧 6.94 ；至其他各人所得之數值，略舉如下：

年	代測	者	氫	重氧	重
一八〇七	俾俄和阿拉哥(Biot and Arago)	一	—	七·五三	
一八〇二	丟隆格和柏齊利阿斯(Dulong and Berzelius)	一	—	八	
一八四〇	杜馬(Jean Dumas)	一	—	七·九八	
現	在(公認的)	—	—	七·九四	

養氣的化合物較別種氣體的化合物爲最多，可作標準氣體。故規定原子量，現今通以氧等於一六爲標準，定氫等於一·〇〇八；把以前定氫爲準則的習慣破除了。道爾頓氏多數的原子量，皆以氧等於八爲標準，而不取氧等於七的數值，所以他所測得的結果，不是和現在的相等，就是等於現在的一半，或其他的「約量」(sub-multiple)。道氏最初對原子化合量所下的原則，他認爲兩種元素只由一種化合比例而成的物質，則其中每一元素各爲一原子。觀附表一，符號21、22及23等，及其說明，便可瞭然。不過這條簡單的定律，常爲種種的原因使他擯棄而不能通用，其中最主要的原由是爲了鹽中的酸和鹼的關係。

道氏又由測得鹽類中酸的重量，更間接算出金屬的原子量。他先由鹽中減去酸重，再由鹼中減去氧的原子量，因而求得金屬的原子量。道爾頓氏在他所著的化學哲理的新系統（註一）上，曾將推算鈉鉀二元素原子量的方法，自敘如下：

【與酸化合之蘇打和木灰，現求得蘇打的重量爲二八，木灰爲四二；據大衛先生(Mr. Davy)最重要發現的報告，我們知道這兩種東西同是金屬的氧化物。蘇打之中，除含有一個原子量

爲七的氧以外，一定還有一個原子量爲二一的金屬原子；木灰之中，一個金屬原子爲三五，和一個重量爲七的氧原子。」

上段的意思，即鈉的原子量爲二一，又鉀爲三五。若將氧的原子量改作八計算，則道爾頓氏所求得鈉之原子量爲二四，又鉀爲四〇——這兩個數值都祇比目下公認的多一（現今 $Na = 23, K = 39$ ），可說是精確了。若根據道氏這種方法的例子，將氧原子量由七改八，則銅爲六四，鐵爲五〇，鋅爲六四，同見前表。至於銅之兩種氧化物，可用下列兩個式子表示，其理甚明：



鐵的兩種氧化物，亦應表示如下：



但有一點，使人最初不甚明白，即氧化鋅爲鋅的唯一氧化物，然其方程式卻不作 $\text{O}\textcircled{\text{Zn}}\text{O}$ 而書作

○ N ○ 這是因爲他承認氧化鋅和低氧化鐵及高氧化銅二物相當；他察知高氧化銅 ○ O ○ O ○ 爲青礬，低氧化鐵 ○ O ○ O ○ 爲綠礬；今氧化鋅爲白礬，故其構造式應作 ○ N ○ O ○ 以示與前二種爲同類。至鋅的原子量遂應爲三二。由此可知道爾頓已拋棄了從前那條簡單而武斷的定律，另採取一條更合科學理論的法則了。惟道氏假設氮係由氫和氮各一原子所合成，又氧化氮由氧和氮各一原子所構成，因而把氮的原子量定錯了。他自己分析氮的結果，發現其中爲氫一和氮四·七的比例；又大衛氏分析氧化氮的成分爲氧七氮六——吾人若以氧和氫之對比爲 1:1 做標準，則四·七和六均可採作氮的原子量。但二者不能兼用，所以道氏採取折衷的辦法，定五爲氮的原子量。他爲什麼採用五呢？那是因爲這個數值和他所求得的更接近。

提到倍比定律和原子學說的研究，那嗎海京思 (W. Higgins) 氏的工作是不應掩沒的。海氏於一七八九年出版燃燒素學說與反燃燒素學說之比較研究一書 (註二) 其中他採用粒子 (particle) 和分子 (molecule) 等字以代替原子。他又很明白地提出倍比定律，更提倡化學符號及鏈 (bonds) 的應用。不過他所舉的例子太不便於應用了。他以硫酸和亞硫酸兩種硫之氧化物

爲例，而斷定亞硫酸是由硫和氧各一粒子化合而成，又硫酸由硫一粒子和氧二粒子而成；他用下列的符號來表示：



D 和 d 是代表脫燃燒素的空氣 (dephlogisticated air)，即今日之氧。海氏分析亞硫酸的結果，發現其中之氧和硫爲等重，數值甚確；惟對於硫酸中所含之硫，他估定的數量太低。不過在一七八九年的時候，大家還沒有注意硫酸的定量分析，他能首先致力於此，已屬難得。總之，海京思氏是第一位想到倍比定律的學者，又是第一位在分子式上運用原子間的價標的化學家。

此外對於測定原子量予以助力最多的，要推該·律薩克 (Gay-Lussac, 1778-1850) 氏在一八〇八年所發現的「氣體容積定律」了。該氏說道：

「在這篇論文裏，我表白了氣體物質，常以很簡單的容積比例率而化合。如以一種氣體容積爲單位，則其餘的容積，即等於一、二或三等整倍數。在固體或液體中，沒有這種比例率。若以重量而論也沒有。這乃是一個證據，證實物質只有在氣體狀態時，纔服從這條定律……並且化

合時容積之收縮，而與化合氣體之容積成爲簡單的比例，也是氣體所特有的性質。」

三年之後，一八一一年，意大利物理學家亞佛加德羅 (Avogadro) 氏發表的氣體分子定律，對於原子量之測定，也有很大的助力。不過亞氏的定律是在他死後纔受人重視的。他的定律是：

「在等容積的氣體裏，含有相等數目的分子 (molecules integrantes)；但所含之原子 (molecules elementaires)，其數不一定相等。」

英國大衛爵士 (Sir H. Davy) 在一八一二年出版的一部化學的哲學 (Chemical Philosophy) 上，已附有大多數元素的原子量。大衛氏的原子量有幾種特點，須加以說明。第一他把道爾頓的氧之原子量加了一倍，認爲水是由兩個氫原子和一個氧原子合成的（以代替道氏氫氧各一原子的假設）。因此大家對於氧之原子量 and 水的成分兩個問題，爭辯迭興，造成五十年的糾紛。第二、大衛尋出氮和二氧化氮間的眞關係，而改正道氏對於氮的錯誤，以爲氮原子量等於二六。第三、大衛當時的學者都認氮爲 muriaticum 的氧化物，（註三）而他獨認氮爲元素，並測得其原子量爲三三·五。第四、他估定碳的原子價爲一一·四，又硫爲三〇等等。

大衛氏這時所採取之氧原子量爲一五，若改爲一六，則以上氮之原子量應爲二七·八，氧爲三五·六，碳爲一二·一，又硫爲三二。這四個數值，除氮約爲今日的二倍外，其餘的都算很準確。

瑞典化學家柏齊利阿斯(Jacob Berzelius, 1779-1848)自一八一〇年即開始做測定原子量的工作，所有報告均發表於瑞典科學院的記錄。起初他以氧之原子量等於一〇〇作標準；後來改氧之原子量爲一六，而公佈各元素的原子量如下表：

元 素 名	稱 符號	1815	1828	元 素 名	稱 符號	1815	1828
氧(Oxygen)	O	16	16	氯(Chlorine)	Cl	—	35.4
氫(Hydrogen)	H	1.07	1	氟(Fluorine)	F	9.6	—
硫(Sulphur)	S	32.2	32.2	氟(Fluorine)*	F	—	18.7
磷(Phosphorus)	P	26.7	31.4	碘(Iodine)	I	—	123.2
氮(Nitricum)	N	12.7	—	硼(Boron)	B	11.7	21.8
氮(Nitrogen)	N	—	14.1	碳(Carbon)	C	12	12.2
矽(Muriaticum)	M	22.4	—	矽(Silicon)	Si	48.8	44.4

砷 (Arsenic)	As	134	75.3	銅 (Copper)	Cu	129	63.4
鈉 (Sodium)	Na	93	46.6	鉛 (Lead)	Pb	417	207.4
鉀 (Potassium)	K	157	78.5	錫 (Tin)	Sn	239	117.8
銀 (Silver)	Ag	431	216	汞 (Mercury)	Hg	406	202.8
鎂 (Magnesium)	Mg	50.7	25.4	鋁 (Aluminium)	Al	55	27.4
鈣 (Calcium)	Ca	81.9	41	鐵 (Iron)	Fe	113	54.3
銦 (Strontium)	Sr	179	87.7	鉻 (Chromium)	Cr	113	56.3
鋇 (Barium)	Ba	269	137.3	錳 (Manganese)	Mn	114	57
鋅 (Zinc)	Zn	129	64.6				

柏齊利阿斯是現代通用化學符號的製定者，他以前所用的符號，笨重不便，幾乎令人望之生厭；他的這一件功績，是值得我們紀念的。

一八一九年法國化學家丟隆格 (D. L. Dulong) 和柏提 (T. A. Petit) 二氏由研究物性和原子的關係，發現元素的原子都有相等的比熱，如以方程式表示，則爲：

比熱 \times 原子量 = ± 6.4 (常數)。

如果一種元素在普通溫度的比熱，已經知道，那麼用這個數目去除 6.4，即得牠的原子量。所以丟隆格和柏提的定律，對於原子量的測定是很重要的。

一八一九年德國密特射利赫 (Ernst Mitscherlich, 1794-1863) 氏發表他的「同形定律」 (Law of isomorphism) 認為凡生有形式相同之結晶的化合物，那麼牠們一定在組成上是互相關似的。這條定律也常利用以決定原子量。

一八五八年羅馬大學教授康尼乍羅 (S. Cannizzaro) 氏發表由化合物的蒸汽密度而測定的非金屬元素之原子量，以及用丟柏二氏原子熱定律所求得金屬元素的原子量，使當時通用的柏齊力阿斯的原子量改正許多。從此氧之原子量固定為一六，碳為一二，至氧八碳六的數目便廢而不用了。在大體上，康尼乍羅氏的改訂原子量可算是最後的決定，——在他以後，只有利用新方法測定而略加改訂的地方，或新元素發現後而補入的數目，原子量的問題可算結束了。

(註一) 見 Dalton: *New System of Chemical Philosophy*, 一八〇八年版本, 頁二二〇。

(註二) William Higgins: *A Comparative View of the Phlogistic and Anti-phlogistic Theories*, 1789.

(註三) 此時法國化學家的腦中, 都深印了「酸必含氧」的觀念, 雖有人已證明氮比鹽酸更爲簡單, 他們仍不肯拋去這個觀念。所以該·律薩克諸氏, 不認氮爲元素, 而以牠是由一種未知基X的氧化物, ——這個基稱做 *nitri-aieum*, 茲採用原文而未譯。