

少年科學叢書

第一種

化學故事

武奕譯



上海中華書局印行

少年科學叢書
第一集 化學故事

目錄

前篇——拉瓦錫以前

第一章 化學的先驅——鍊金術	一
第二章 到波義爾時代	一七
第三章 燃燒學說	三三
第四章 近代化學的建設	五〇
後篇——拉瓦錫以後	

第五章	詩人化學家與其弟子·····	六五
第六章	原子和分子說的發展·····	七九
第七章	元素符號和化學式的由來·····	九七
第八章	元素的發見和週期律·····	一三四
第九章	溶液論的今昔·····	一三五
第十章	電離說的出現·····	一五〇
第十一章	原子和分子的大小·····	一六三
第十二章	化學的革命·····	一八〇

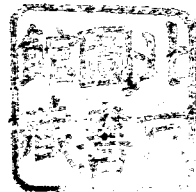
前篇——拉瓦錫以前

少年科學叢書
第一集
化學故事

第一章 化學的先驅——鍊金術

其一

化學究竟是幹什麼的學問呢？動物學我們一知而不知是研究動物的學問，植物學我們一知而不知是研究植物的學問；天文學我們一知而不知是研究天體的學問。可是化學呢？這可不容易加以想像。因此化學這名稱，在使人一眼看去就能推測出那一學問的性質的一點，是不及格的。但從我自己的感覺來說，化學的「化」字，是有着非常廣大的含蓄。在這個意義上化學這名稱，是近乎成功的。……這學問剛由西洋輸入的時候，日人音譯牠的荷蘭名：chemie，爲含密，到一八六一年，纔有人改稱「化學」的。爲着說明牠是以研究什麼爲目的的學問，我們從



英國化學家梅勒（Mellor）的書上，把他在下面的定義借到這裏來吧。

「化學是人類把他們關於存在於宇宙間一切物質的知識分類起來，通曉這些物質底構造，究明物質在互相作用時所起的現象底嘗試。」這個定義我想總算把化學的意義和目的很明瞭地告訴我們了。化學和物理學是古代哲學生下來的孿生姊妹，就像速羅（Juno）的白鴿一樣，儂得緊緊地分不開來。（見羅馬神話，速羅係 Juno 之妻，司婦女婚姻及生產的女神。）

德國大化學家利比熙（Liebig）說得有趣。「在某種人看來，科學就像秘密的女神似的，以學生去供奉她為他們無上的光榮；在另一種人們看來，科學是像給他們以牛酪的母牛似的東西。」實在的，以研究科學為生活的學者們，就像抬着沉重的神轎一樣，神的本體究竟是什麼，雖不怎樣鬧得清楚，但是能夠接近神轎供奉神明，就感到一種光榮和幸福了。

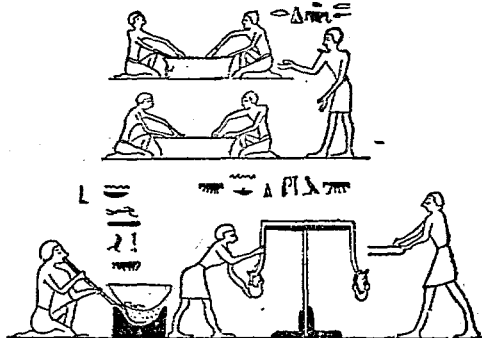
但是並非沒有為着想賺錢而做科學研究的人。在這種人們看來，科學就像那藏着無上的賺錢的傢具和寶貝的岩窟似的，祇要你熱心去尋找，說不定會要像孟迭克利斯特伯爵（

Cunt moris cristo——大仲馬著的同名小說的主人，幾年前也曾有過這電影）似的，昨天一個窮漢，今天就變成大富翁。若說到這兩人中，那一種是真值得我們當做學者去尊敬的？那自然又是另一個問題。但假使說化學是像後者那樣，幾百年來是爲着賺錢的目的而繼續研究的結果產出來的學問，也許有人要奇怪的。可是却曾有過那樣的時代。

其二

這是很遼遠的往古的事。照考古學家告訴我們，在五萬年前，非洲的北部，有可以認作我們祖先的東西出現。這便叫做「原人」。關於他們所具的，祇是極不完全的知識。當時他們恐怕還不能夠用言語來發表他們的意思吧。但生火的方法，好像已經知道了。這裏第一次寫到「火」是對於這故事很重要的關鍵，要請讀者特別注意一下。他們怎樣生火呢？那恐怕是用他們殘留下來的燧石和黃鐵礦的破片，放在乾枯的草裏，唧唧噥噥地摩擦而生的吧。這原人種，是一個也不留地絕滅了。正式的人類之出現，大約在距今三萬年以前。

第一圖



前。在小亞細亞比歐洲稍為早一點。

古代埃及及黃金的鑄治和秤

人類從什麼時候纔開始使用金屬呢？這據說是起於紀元前五千年的時候。——在這裏又說到「金」了。火以外牠是這故事的重要關鍵之一。——在金屬中間首先使用的是青銅。青銅是錫和銅的合金，比銅硬些，並且容易熔化，所以便於製造武器和種種器具。在化學知識不充分的他們最初使用的，恐怕是他們發見的天然的純銅吧。到後來纔發明了把銅的礦石加以強熱鍊出銅來的方法。這時代叫做「青銅時代」。其次是「鐵器時代」。現在也歸在這時代裏面。溶鐵方法的發明，在歐洲是三千年

其三

懷抱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的古代埃及人，在紀元前五千年的時候，就達到了很高度的文明。他們確在五千年前的古代，已經想出一種文字使用着。這是在任何西洋史教科書裏面都記載着的。他們把文字寫在什麼東西上呢？最初是把文字刻在巴勒母石上，後來就用壓乾了的叫巴巴的拉斯的植物皮。英文的「紙」Paper字就是從「巴巴」轉化來的。在埃及第一王朝（紀元前五六〇〇——五三〇〇年）的時候，造陶器的技術非常進步。造了許多美麗的陶器，此外也製造寶石銅器磚瓦等。在建築物上，他們塗上釉藥施以裝飾。其他又製造玻璃和色玻璃。說到埃及及最易聯想的就是木乃伊。這是把土瀝青作為防腐藥塗在人類的屍體上以永久保存的方法。那種土瀝青是從死海的底下浮上來的，土人把牠取來運到埃及去賣給製造木乃伊的人。

埃及人知道下述的六種金屬：

化學的先驅——鍊金術

一、金，二、銀，三、琥珀金。（古時所用的琥珀色的金銀合金）四、青銅，五、鐵，六、鉛。

水銀這一種作奇妙的液狀的金屬，直到其後希臘時代纔被發見。在紀元前二千年的時候，據說他們已經知道釀啤酒，製砂糖，但不明白他們用的什麼方法。此外他們還知道鞣獸皮，施染色術，和使用曹達，食醋，食鹽，煤油，肥皂。曹達的製造法，還不是他們所能知道的，這是從埃及的曹達湖裏天然出產的。煤油和肥皂，他們用作外科藥。煤油用於燈火是後世的事。以上都祇是與化學有關係的。在這時代，雖還沒有化學這門學問，然而不能不說他們在悠久的歲月中所獲得的化學知識，已相當的深切，化學工藝也非常進步的了。

其四

在第一節裏，我曾說過化學和物理學是從哲學生出來的孿生姊妹，然則哲學是什麼呢？這說起來是很麻煩的，我祇說明這名詞的意義吧。西曆紀元前四百年間的希臘文化非常發達，同時出了許多學者，但是，說到那些學者，也多是為賺錢而研究教人的假學者。他們都稱自

已是「知識的所有者」。在這樣的時代，出了一位偉大的蘇格拉底，他自己是非常偉大的學者，却不稱自己爲「知識的所有者」，而說是「愛知識的人」。這句話從「愛」(Philos)和「知識」(Sophia)兩語結合而成的，由此產生了「Philosophia」一語，再轉成爲「Philosophy」(哲學)一語。

哲學家的始祖是希臘的退利斯 (Thales 紀元前六二四——五五四年)。他告訴我們說存在於宇宙間的一切物體，都是由水而生的。就是說任何物體是由水變形而成種種的物體。——這裏又第一次說到「水」這和前說過的「火」，「金」同爲這故事的重要關鍵之一——這麼一來，我被逼得不能不把「元素」一語加以說明了。「元素」究竟是什麼東西呢？牠是指構成介於宇宙間的一切物體的最根本的「物質」。既然說是「根本的」，假使能分成兩個不同的東西，牠便早已不是「元素」了。現在我們所知道的元素的數，有九十二種，化學教科書裏面都附有元素表。在這時代退利斯說，元素祇有一個那就是水。但同這一時代的人亞納克西美涅斯 (Anaximenes) 主張空氣是元素。又一叫赫拉頤利圖 (Heraclitus) 的學者說「不

火是元素。」另一叫費勒奇特斯的人又倡祇有土纔是元素。像這樣任何學者都提出不同的意見。這種說元素只有一種的學說便叫做「萬有一元論」。可是有個西西利亞人叫做恩柏多克利 Empedocles（紀元前四五〇年）的，却這樣說：「造成萬物的元素有四種。卽第一是土；第二是水；第三是空氣；第四是火。我們所知道的幾乎一切的物體，都是由這四種元素以種種比例結合而成的。物質是不能消滅牠的，假設某一物體看去似乎沒有了，那不過是這四種元素的比例變動了。」這就叫做「四元論」。

以上是西曆紀元前五世紀時希臘哲學家的物質觀；一方在中國稱宇宙萬物由金、木、水、火、土五元素而成。希臘的四元論，使人疑心是從印度傳來的，因為這同一主張，見諸佛典之中。叫做地、水、火、風，地是土，風是空氣，所以完全和希臘的學說一樣。這四元素說，就是在距今兩百年以前還有相當權威。但是此等土、水、和空氣都是化合物或混合物，而不是元素。火是沒有重量的，因此知道牠不是元素。以下逐漸地說明這「四元素」說在根本方面崩潰的經過。

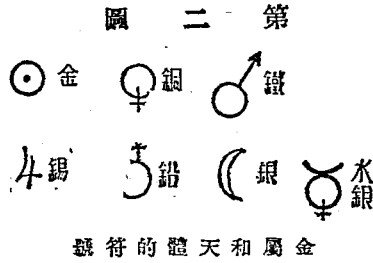
其五

前面已說過在埃及很古的時候，其化學工藝已極發達，人民生活上必要的種種物品和製造牠的技術也有了。這種技術叫做「埃及的技術」。原名叫「亞爾舍密」(Alchemia)。「舍密」的意義是黑的，因為埃及的土色是黑的，所以「舍密」是指埃及在舍密之前加上阿剌伯的定冠詞「亞爾」(Al)就成「亞爾舍密」一語。更由此衍成英文的化學 (Chemistry) 一語。因此把金屬的冶金術，染色法，乃至製造玻璃，琺瑯磁，醫藥，防腐劑，和肥皂等技術，都總稱「亞爾舍密」(Alchemy)。

亞爾舍密我國譯為鍊金術。牠的意義是鍛鍊金屬的方法，但不是鐵店鍊鐵，是把金屬鍊成黃金的方法。

在遠古的時候，從紀元前七〇〇年代以來，許多天文學家把太陽，月和五個遊星，奉為守護人類的七神。最有趣的，在那時代知道的金屬，恰巧是七種，因此天文學家把這七位神明和

七種金屬這樣連結着想：



- 金.....太陽
- 銀.....月
- 銅.....金星
- 鐵.....火星
- 水銀.....水星
- 錫.....木星
- 鉛.....土星

七，這個數目是非常神秘的數。現在也還是一樣。但金和銀在那個時代是很為珍重的東西，這兩種金屬，在七種金屬之中，尤其視黃金為最完全的東西。這在我們聽了雖覺得有些可笑，但他們確以為除了金銀以外，其他的金屬都是為着某種原因，纔變成那樣下等的金屬的。就是說金屬是害了疾病。因此叫他們相信如祇要給牠們醫好那

些不好的病源當然就可以成爲完全的金銀。由此可以明白所謂「鍊金之術」的意義了。就是人類要做個好人，是有大大地鍛鍊的必要，「鍊人之術」就是教育吧。

這樣的迷信，就使他們起了一種荒唐的想念，想去醫治下等金屬的疾病，實際的造出金屬來，鍊金術就這樣被用到『製造金銀』這一錯誤的目的之下。在十一世紀的時候，果曾有薩怡達斯 (Gadag) 者，在他著的百科全書裏下化學的定義爲『製造金和銀的方法。』那麼，怎麼樣把鉛變成黃金呢？這可不知道了；因爲不知道，所以起了研究的必要。給黃金昏迷了眼睛的鍊金學者漸次深入歧途，聚精會神的耽於研究。但這是完全像盲人的瞎摸一樣，信着手幹了一些糊裏糊塗的實驗。終於想到要把白鉛變成黃金必須有『哲人之石』。因此首先發見這個石子。據說這石子有意想不到的效力。不僅能把白鉛變成黃金，吃下去還能增進健康，延年益壽，也能成爲返老還童的聖藥。併且給蠢人吃了也可以變成聰明。俗話常說「蠢人無藥醫」，假使這石子發見了，決不會再有這種俗話。但是到了現在還聽見人們口裏常常說着這句話，可知道這個石子至今還不會被發見哩。

想發財的這種人情。是古今不變的，因此財政困乏的國王，在宮殿裏設實驗室，召集鍊金學者，叫他們從事這石子的研究。比方德國皇帝羅多爾夫二世就非常熱心於鍊金術，據說他的財產的大部份都消費於這種研究，他的宮裏時常擁擠着大批的鍊金學家。有個叫約翰德（John Day）的，稱能實驗鍊金術，進呈御覽，在皇帝的前面實驗，但實際上他以催眠術催眠皇帝，騙得了許多的獎賞，逃到英國去了。及至皇帝明白了是假的，氣得蹬腳，但已在德氏逃走之後，他爲着雪憤，把德氏的助手殺死，可憐那位助手慘遭着意外的災難哩。

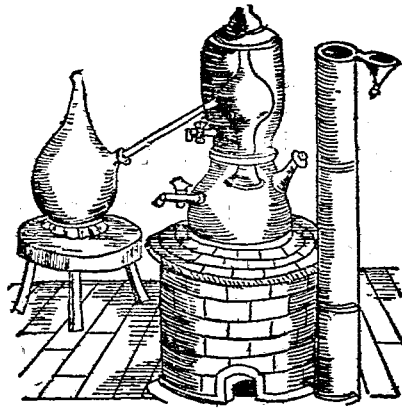
既有了上述的情形，以後的學者，拚命的研究，是當然的。其中也有到處宣傳說這石子終於發見了的人，但這是瞎說和約翰德同樣做的欺騙的勾當。

有一個青年想發財，決計去拜鍊金學家的門，請他教授金子的製法，學者傳授了方法之後，用嚴重的態度說：

『可是別忘了在實驗的過程中，一點也不能想到犀牛。一想到他實驗就不能成功了。』

青年吃了一驚說：

第三圖



古代的蒸溜裝置

以上那樣透透了的研究，到了六世紀中葉為止，數百年間，一直老老實實的繼續研究着，這是多麼奇怪的事！他們難道沒有注意到，即使學者能把白鉛變成黃金，也發不了財嗎？假使白鉛都一塊塊地變成了黃金，黃金不就失了牠的價值嗎！那些鍊金學者祇要稍微具有一點經濟學的知識，也就不會幹那樣的蠢事了。

「哦！犀牛嗎？這是我看也不會看過的動物，自然不會想到牠的。」

過了幾個禮拜之後，這青年再去拜訪

那位學者說：

「倒霉，我怎麼樣也不會把犀牛忘掉。

我已經死了這個心了。」

學者為什麼對青年說什麼犀牛呢？想

賢明的讀者是明白的。

其六

學者沒有經濟學的學識，却意外地給我們造成了很好的結果。鍊金學者們長期間的企圖，雖終於完全失敗，但他們在悠久的歲月中拚命的努力，其間所經的實驗過程中，豐富了關於物質和物質間互相作用之際，所起的變化和現象底知識增多了被發見的化合物之數，因此就建立了「化學」這一門學問的基礎了。

這兒再寫一些有名的學者們的事蹟吧。在希臘的學者中，最優秀的人是亞里士多德（Aristotle 紀元前三八四——三二二年）他是有名的柏拉圖（Plato）的弟子。他繼承着恩相多克利的四元素說，把牠普及了。在不大知道空氣以外還有其他的氣體的時候，他却稍稍地有些感覺到這點，說呼吸的目的，在於接觸空氣，使血液涼爽。這在現代人看來，也許覺得可笑，但在當時却是很有一點權威的學說啊。水銀在他那時代已經知道了。他的門人發明了從辰砂（硫化汞）提取水銀的方法。那是把辰砂加強熱，凝聚其發出來的水銀蒸氣就成了。歘

歐斯柯利德斯 (Dios Korides 紀元前百年時人) 是小亞細亞人，在藥物學界是數世紀間沒有人可以和他並肩的學者。

在他著的書上，載有蒸溜法和從辰砂取水銀的方法，以及其他像硫黃、石灰水、氧化鋅、硫酸銅、和砂糖一類的物質。羅馬將軍兼博物學家的普利尼 (Pliny 紀元後三三——七九年) 著有自然史三十七卷。這是集古代研究的大成的非常貴重的一部書，書中據說也有許多關於化學的記載。在西歷七十九年他統率羅馬的海軍駐泊在密賽奴斯地方時，遇着維蘇威火山爆發，他爲着研究火山的噴火，上岸去的時候，給山上吹來的毒瓦斯窒息死了。那有名的朋卑市被火山灰埋沒，一千幾百年來，從人類的視界裏消滅了牠的影子，就在這個時候，左錫陸斯 (五世紀) 是埃及人，著有化學百科全書二十八卷。他作化學實驗用陶器和玻璃做成的器具，又蒸溜裝置他也發明了很完備的東西。

到了第八世紀，阿刺伯偉大的鍊金學者輩出。其中最著名的就是韋培爾醫生。他是以首倡『金屬說』而有名的。據他的有趣的意見是所謂「金屬者全是水銀和硫黃的化合物，因

其比例不同，而生出金、銀、銅、鉛等種種的金屬。」此說到十七世紀的時候爲止，還是非常盛行，他的聲名在數百年間風靡全歐，被稱爲「魔術大王」。他蒸溜明礬製出硫酸，用這硫酸去作用硝石取出硝酸，再由此製成硝酸銀一類的藥品，又把硝酸和鹽酸混合，製成「王水」因爲號稱金屬之王的黃金，決不能溶解於其他的酸類，獨溶解於這王水中，所以就取名叫「王水」。硝酸因其是用硫酸作用硝石製成的，所以叫做「硝石之精」。總之革培爾是阿拉伯產生的最偉大的鍊金學者。

阿刺伯此外還有兩個大學者，一個叫做刺塞斯（八五〇——九〇〇年）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。可是他的實驗，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，一切科學上的實驗，如條件不十分完備，是不能成功的。科學家遇了這樣的國王，真是晦氣。又有一個叫亞維孫那（九八〇——一〇三七年）的，也是一個醫生。這位阿拉伯人，給人家讀爲不亞於大哲學家亞里斯多德。

羅傑倍根（Roger Bacon 1114——1194年）是英國僧侶。他告訴當時那些

動輒想從腦子裏和台子上得出科學上的真理的人們說

『除了觀察和實驗以外是沒有第二條到達真理之路的。』

他是一個做了許多理化學上的發明和發見的人。他說：空氣是火的食物而用點燃的燭插到密閉的容器中，燭光馬上就熄滅了。來證明這是他的偉大的發見。但他曾數次被捕入獄。那是因為在古時做理化學的實驗的，都被認為是妖術，而加以可怕的陷害。以瀆神之罪被捕。付宗教裁判，被捉入監獄，或被毒殺，或被國王放逐的，不勝枚舉。

第二章 到波義爾時代

其一

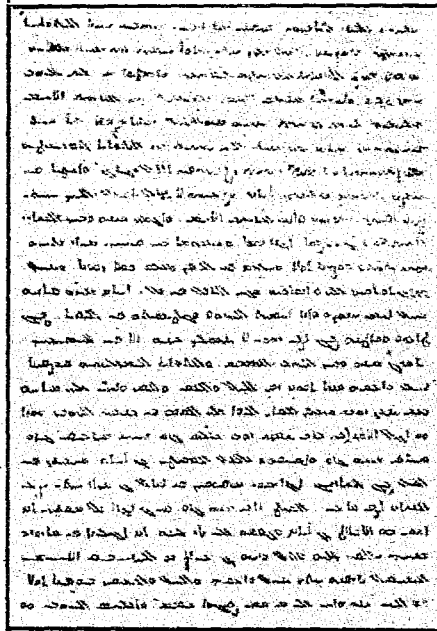
在吉朋氏所著的羅馬衰亡史中曾說：『首創化學而使牠發達的名譽，應歸之於阿拉伯人。』這話似有過當之嫌。但是阿刺伯人現在是這樣的沒落，在古時候可不是這樣的。雖在紀

元後五世紀，羅馬帝國滅亡，希臘式的羅馬文化，蹂躪在蠻賊的鐵蹄之下，進入所謂歐洲的黑暗時代以後，而依舊顯示着燦然的文化的就是這個阿拉伯。阿拉伯爲什麼這樣強盛呢？因爲阿拉伯出了一個摩罕默德的豪傑。

他在紀元後五七一年，生於阿刺伯的麥嘉地方一個趕駱駝的人家。但他對人們說：『天上有唯一的上帝，地上有唯一的預言者，這預言者就是摩罕默德。凡信仰上帝和我而願爲我教盡力的，就能走向天國。』但在麥嘉地方因爲他究竟那麼一個出身，所以常受人壓迫。在六二二年，他逃到麥地納地方，還是同樣的傳教，麥地納人相信他的教義，他就統率了羣衆首先攻擊麥嘉，續以破竹之勢征伐阿拉伯全國，終於做了國王。

他的教就是回教。阿拉伯人爲着廣布這種宗教，次第侵略他國。他們滅波斯，取埃及，攻小亞細亞。在六七二年，就逼近了君士坦丁堡，這時候君士坦丁堡也幾遭到陷落的危險了；幸而他們出死力防守，並且使用希臘的火砲，終沒有被他們征服。希臘的火砲，是把鐵屑、木炭、硫黃及硝石，用土瀝青，練成火藥。投進煙火筒似的器具裏，向敵人的陣裏或敵艦上射去；或者附

第四圖



亞刺伯的書籍

在箭頭上射去，用作火攻。希臘火砲是由敘利亞的練金學者發明的製法，在當時認為有國防上的祕密，不告外人。後來傳給阿拉伯人，再由阿拉伯人傳到歐洲。火藥往往傳說是羅傑培根發明的，但據各方面的研究，終以說他是得了阿拉伯方面傳來的知識，較為妥當。

到波賽爾時代

這樣看起來，學問就像由甲手遞到乙手的火把一樣。阿拉伯人具有吸收着征服各國的文化和學問的才能。因為這樣，所以未開化民族的阿拉伯人，纔達到了駕凌歐洲文化之上的地步。他們研究亞

細利亞，希臘羅馬的古典，把牠翻譯成阿拉伯的文字。天文學，數學，地理，植物學，都非常進步，化學也由練金術和藥物學等大大地發達了。前面說過的革培爾，拉賽斯，阿維遜那諸大練金學家為化學發達的中心人物。阿刺伯的大科學家亞爾哈贊對於物理學，特別是光學，有非常的興味。他觀察着關於光的常依直線進行，光的反射，屈折等現象，鏡片的擴大和人類的眼睛等等問題，又應用亞基默得的原理，測定金屬和寶石的比重。試把他所測定的鉛的比重，和用現代最進步的器械測定的數值，比較一看就明白他所做的試驗，已達到怎樣正確的程度。

亞爾哈贊的測定值……………一一・三三

現代的測定值……………一一・三四

可知測定值的數目，不過是小數第二位稍有不同。在中世紀有名的書籍，大概都是從阿刺伯來的。我們在少年時候，很感興味讀過的天方夜談，也是從阿拉伯來的，歐洲人雖總有些否認接受了阿刺伯人感化的傾向，但和這事實相爭，是絕對不可能的。

其二

在經過了一千年黑暗時代的歐洲，雖從新接近了曙光期，但「知的活動」的曙光，在十四世紀的時期，先發見於意大利。意大利到底不愧是大羅馬帝國的弟國。并且因為接近了文化尚未衰落的希臘帝國，常常受到些感化，所以在意大利的學者，發生了研究羅馬希臘古典的傾向。但在一四五三年，摩罕默德二世統率阿斯曼土耳其的大軍，迫近希臘的首都君士坦丁堡時，這個要塞終於敵不過土耳其的砲火，希臘帝國完全覆滅。一千二百年來的基督教國就被支配在回回教的主權之下了。

這時候希臘許多學者們，拿着傳家的寶貴書籍，陸續逃往意大利，從此歐洲人走上了文化非常發達的路，稱為「文藝復興」(Renaissance)的繁榮時代。在這時代對於學問之發達有絕大的貢獻的，是印刷術的發明。以前的書籍，是用筆寫在革皮製成的紙上，價格很貴，想要得到一冊書籍，是件很不容易的事，這時候因為德人谷騰堡發明了印刷術，書籍普及到人們

的手中。對於知識的傳播，收到偉大的效果。又在這時代完成了種種的大發見，如哥倫布和巴斯可達，嘉馬等，在地理上有大發見，在天文學上有德國的哥泊尼開始排斥「地球是宇宙的中心，日月星，辰繞其周圍」之說，而提倡「地動說」。

這時在化學上，還說不到有新的發展。因為牠不從鍊金術，這種神祕的思想和迷信解放出來，化學是決不能發達的。然而化學界隨即也出了一個天才從事改革，化學纔進了一個新的時代。

其三

前面曾說過，在同一研究的學者中，有爲着學問，想探求真理而研究的人；也有爲賺錢而研究的人。前者對於自己所研究的是不是可以賺錢的問題，一點也不放在心上。他們只把發現大自然的深處所隱藏的祕密，爲唯一的樂事。就是努力把鉛變爲黃金的鍊金學者們，也並非全部是利慾薰心的，其中想鉛變爲黃金，來證明一個哲學上的原理，做一個真正的學者，

自然也有的。

然則哲學上的原理，究竟是什麼呢？前說的七種金屬，種類不同，是因有某種原因，纔成爲不純粹的各種。若除去其雜質，結果當然都變成黃金了。那麼這七種金屬的最後就是一種。換

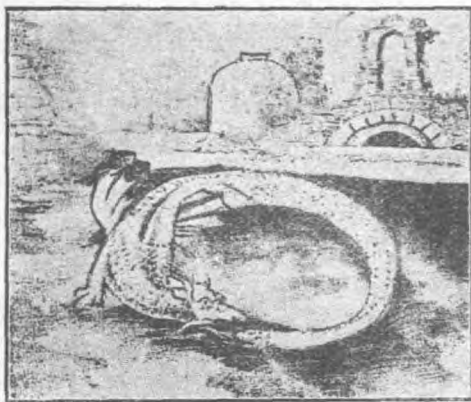
言之，就是說『多即一，全爲一』。這是哲學的原理，在古代埃及的女王克利奧布拉斯 Cle-

obulus —— 她是一個鍊金學家——著的

Chrysopoia 一書，也說是『全爲一』。因此變鉛爲黃金的實驗，若成功了，這個哲理可就完全證明了。上圖是龍咬着自己的尾巴的圖。牠是表示什麼呢？是表明上面說的哲理『全爲一』的。

在鍊金學者繼續其不幸的努力的那一

第五圖



龍咬着自已尾巴的時侯

方面，有一個從事於正經研究的德國僧侶，名叫巴西爾華楞廷（一三九四——一四五〇年），他用硫酸作用食鹽，蒸溜起來製出鹽酸，鹽酸能溶解鐵，及其他的金屬，因為這具有溶解金屬之力的液體含在食鹽之中，就叫牠做「鹽精」。華楞廷發見把磨過的鐵片浸在硫酸銅的溶液中的時候，鐵的表面現出銅來，大為驚嘆。這現象在化學教科書上，是在金屬的離子傾向一章裏說明的。但是這種所以然，不用說，他是不知道的，要之，此公是一個非常賢明的學者，他放棄了人造黃金的愚蠢的把戲，而努力於化學應用於治療疾病所必要的藥物之製造方面。這一金屬是最初由他發見的。

距華楞廷死後四十年光景，在瑞士降生了一個天才，叫巴拉塞爾士。他在青年時代，旅行歐洲各國，在他重復現身於他的祖國時，已經成了一個有名的醫生。因為他在旅途中學習了淵博的化學知識，他決心把牠應用於醫術。他做了巴徒爾大學的教授，但他對世間宣言，說了「化學不是製造黃金的。製造醫病所必要的藥品，纔是化學的真正的目的。」因此區分這位天才以前，為鍊金術的時代，在他以後一百年間，為醫化學的時代。

從來治病是用草根和木皮的。阿拉伯人發明了把草根和樹皮蒸溜，從此取出藥來服用的方法。巴拉塞爾士用於醫治的藥，早已不是草根和樹皮，也不是牠的蒸溜物，而是強烈的化學藥品，他是非常博學的。用這種藥品，在治療上得到了成功，一時名聲大震，但因為他有把人不當人的剛愎的性質，又加他素行不檢，後來被革去了大學教授的職位，祇得重上流浪的旅途。據他說：把鐵屑投進醋中時，發出燃燒的精氣。所謂精氣是指瓦斯體，但在他的時代，還沒有「瓦斯」這句話。他沒有把牠仔細研究，祇粗粗看去，所以不知道那是什麼東西。讀者自然知道那是輕氣吧。但是輕氣的發見直到距此二百五十年後，纔由英國的大化學家卡文狄施完成這話留到後面再說。他關於消化問題倡着一種有趣的學說說：『我們的胃裏面有一個叫「阿爾榭阿斯」的魔神，在掌管消化的機能。』

其四

巴拉塞爾士派的學者瓦赫爾孟特（Van Helmont 1577年）生於比利時的布魯塞

爾地方。雖是學過哲學，神學，和醫學，做了醫生，但他在化學實驗的方面，也是一時之雄。到這時代為止，關於瓦斯體還不十分明白，在距這時代一千五百年前，普利尼將軍曾說過精氣的話。說從土中出來的東西，有一種是可燃性的，（我想多半是看見了沼氣吧）；又有一種是窒息性的，（多半是看見了二氧化碳吧）。但這是非常曖昧的說法。在赫爾孟特著的書中，纔有「瓦斯」一語，這句話是經他開創的。他發見了兩種瓦斯，一是二氧化碳，一是阿摩尼亞氣；但他沒有發明收集氣體的器具，因為收集氣體是一件極不容易的工作，所以直到後一個時代纔被人想出來。然而阿摩尼亞水，是很早就知道的，煉金學者，蒸溜鹿角製成的所以叫着「鹿角精」。學者們看見金屬溶解於酸中不見了，以為真是金屬消光了。但赫爾孟特告訴我們，金屬不是沒有了，祇要用適當的方法，就可以把原來金屬的形態取出來。『實際是這樣的。他又是第一個主張採用水開始凍結時和水沸騰時的溫度，做寒暑表的溫度標準。又主張天秤是在化學研究上，不能缺少的主要器械。因此他達到了一個重大的法則的觀念。這是後話。』

赫爾孟特是這樣一個偉大的學者。他因他有幾分輕信事物的性質，就說出下面那樣有

趣的話來。例如說若用醃髒的布包着麥粉，放在容器裏面，就會發生小耗子。生物這種東西是
要有父母纔會生出來的。布片和麥粉裏生出小耗子來，這一類的話叫做「自然發生說」。後
世已經證明是絕對不可能的事。

他又做過下面那樣有趣的實驗。就是把三斤多重的柳樹栽在一百八十一斤的土裏，每
日澆水，五年後剝去泥土稱時，樹重爲一百二十一斤多，泥土仍是一百八十一斤。但增加的那
一百十八斤，是從那裏來的呢！他對於這個問題的結論，是相當於這個重量的柳樹是水變的。
這個時代，關於植物的同化作用，還沒有被人知道，也難怪他要鬧出上面的笑話。但是發見了
二氧化碳的他，沒有注意到植物是吸收二氧化碳和水而生長的。真有些替他惋惜。

和赫氏同時代的格羅伯 (Gardner) 是一個工業化學家，著了很多的書。此公使種種的
酸類和鹼質化合，製出許多鹽類，特別有名的是經食鹽和硫酸，製出的芒硝，這在現在甚至還
稱爲格羅伯鹽，醫藥上很是貴重。因此他就成了一個大財主。

又有一個和他同時代的荷蘭人，叫做錫爾威阿斯，很受了赫爾孟特的影響，不相信鍊金

術，而熱心於結合醫學和化學的工作。錫爾威斯的功績，端在發見人類的血液中，有動脈血和靜脈血的區別，幷告訴我們動脈血之所以作赤色，是因爲和空氣（應說是養氣，但當時養氣還沒有發見）相結合。英國的醫生哈維 Harvey發見血液循環之理，也在這時代。我們以爲極淺顯，但他發見是很費氣力的。當時哈維把他的學理發表於世後，世人都說：『別開這樣無聊的頑笑。』這句話就是對於這大發見者的報酬。

這種醫化學的時代，快要結束了，這個時代的收穫，不外是人體的生理作用，漸次判明人們對於鍊金術有點不足信。幷且懂到『理論是不能在腦子裏捏造的，要由實驗中建立牠的形體的。』明白了這些道理，就可說狄摩克利托斯和亞里斯多德主張四元素說，和革倍所提倡的『金屬是水銀和硫黃的化合物。』這一類沒有實驗上根據的學說，被送進墳墓裏去了。從此化學又被導入一個新的時代。

其五

在這裏，我再回溯到過去，調查一下化學所經過的路程。第一是人類首先發明了從礦物提煉金屬的方法。第二在古代的埃及，人類營文化生活上必要的器具，使製造的技術，日漸發達。第三是僧侶和哲學家們，企圖變下等金屬為黃金，做了數百年長期鍊金術的研究。第四是華楞廷和巴拉塞爾士把化學引到製造醫藥的路上，經過上面那樣變化無窮的路徑，好容易纔達到這裏；可是化學這一門學問，還是沒有產生。就是說化學不過盡了鍊金術和醫學上侍婢的職務，還說不上是獨立的學問。在那個時候，降生了一個與化學以獨立的面目和體系的人。此公就是發見有名的『波義爾法則』那一氣體法則的波義爾氏。世人尊崇他為近世化學的鼻祖，實在有極深的意義。

波義爾於西曆一六二七年，生於英國的里斯摩亞城，是柯克公爵的第七個兒子，起初在家裏讀書，後來進了有名的伊東學院。在十一歲時，很快的學會了拉丁語和法語，他和他的哥哥一同作大陸旅行，經過法國，日內瓦，和意大利。他生來謹慎誠實，人格高尚，并且毫無聲息地做着自然科學的研究和博愛事業。學生不會結婚，對於化學所建樹的功績，是偉大的；在物理

圖 六 第



化學故事

三〇

氏 爾 義 波 特 伯 羅

學和化學
上，都遺留
了許多的
發明和發
見。但這應
在教科書
的範圍內
去說明的。
酸是一律
把青色立
特摩斯液
變為赤色，

驗性，相反是把赤色變為青色。這是連小學生也有的常識，但最初將這實驗教我們的是波義爾。

從來對於元素，學者所抱的觀念是很曖昧的，因為在這時代，還有人相信格伯爾和亞里士多德的學說是真的。波義爾排斥這種不足取的學說，在一六六一年，著有名懷疑的化學家一書，大大地攻擊化學家們的無知，引起了非常的反響。他說：「一切物質，是由元素組成的，分解化合物，就成為元素。元素是不能再分解的。」土是從來被認為元素的，但波義爾說這能分為好幾種不同的物質，所以不是元素。同時他闡明了化合物和混合物的不同。在懷疑的化學家上，有一節說過這樣的話：

「無論什麼物體，不能把牠當做真的元素看。因為牠是不由完全一樣的東西組成的，而可以再分解為好幾種不同的物質。」

他最有名的是在一六六〇年「氣體容積之增減與其壓力成反比例」這一法則的發見。這法則到了四十年後，由法國學者馬利奧特再發見。這因當時英國和大陸的交通，不像現

在這樣發達，所以大家都不知道。以此這法則又被叫做『馬利奧特法則』。在波義爾肖像的左邊的器械，是他發明的抽氣筒，其形式和現在的是大大地不同。

瓦斯體這東西，實在是奇妙的東西。固體有一定的容積和形態，液體雖有一定的容積而沒有一定的形態，隨着溶器任意變更其形態的，但氣體沒有一定的容積又沒有一定的形態。我小時候讀天方夜談，記得有下述的一段故事。有一個阿伯拉的漁夫，在船上釣魚，忽然釣了一個笨重的東西，他舉起來一看，是一個繫得緊緊的瓶子。他解開來一看，出現的是一個高入雲霄的大惡魔，突然要把漁夫捉去吞吃。漁夫看了嚇得一身的骨頭都軟了，忙叩問他爲着什麼緣故。惡魔說：

『俺在距今三百年前，就被幽禁在這瓶子裏了。起先我想在從那時的一百年間，有人救出俺的，俺願把任何禮物去謝他。但終於沒有人把俺救出。於是俺決心有人在第二個百年之間救俺的，俺願輔他做這國的國王。可是那一百年終於又過去了，所以俺就下了這個決心，在下一個百年我要吃掉把俺經這瓶裏救出來的傢伙。』

於是漁夫說：『那麼就沒有話說了，我就給你吃掉吧。可是像你這樣大的身體，在這小小的瓶裏怎麼容得下呢？我覺得這是很奇怪的。爲着一生的紀念，請你做給我看看，行不行呢？』

惡魔承認了，就鑽進了那小小的瓶子裏，給他看。漁夫見機不可失，跑上去把蓋蓋好，緊緊地細起來，重復投到海裏去了。瓦斯體，這傢伙說起來，就像這惡魔一樣的怪性兒，要大則可以彌六合，要小則可以藏如密。

第二章 燃燒學說

其一

據達科他人的傳說，說火的起源，是豹用爪子打在岩石上的時候，纔有火花發出來的。又據希臘的蒲羅美修士（Prometheus）的傳說，說是神人蒲羅美修士憐恤當時的人類，像虫豸一樣居在地穴中，在沒有火氣的地方抖着，或者受着野獸的襲擊，心裏時時在恐怖之中，所

以去向神主「司宙斯」(Zeus)請求允許「至少把火給他們溫暖身體，燒熟食物。但神明妒忌人類得到智慧，不許他們有火。因此蒲羅美修士到海岸上折取了一根蘆葦，遙向東方的日頭飛去，把那熊熊的火燄移到蘆葦的莖上，攜到地上，從此人類纔知道用火。這些都不過是關於



第七圖

火。蛇。

火的傳說。但在未開化的民族之間，即在已經知道發火的方法後，也不能像我們一樣，簡單的生火。火若一旦滅了，再要把牠生起來，就得經過非常的勞苦和困難。因此生一回火，他們就當作神聖的東西一樣，奉在神殿裏努力保護牠，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，就是最顯著的一個例子。在其他的古代諸民族間，也有在

每一部落裏建築公屋，不分晝夜，保護着公火，倘若他們偶而把牠弄滅，就有到別的部落的公屋裏去偷火的事實。

其他還有埃及人把火保藏在他們的神殿裏。希臘和羅馬人在各市都建有保藏神火的殿堂。像這樣神聖和恐怖的对象的火，又被哲學家視為幽玄可怪的神祕之所，結果就像前面說過的一樣，把一種認為構成宇宙元素的屬性給與了牠。上圖是火蛇，很類似往昔被想像為住在火中的蜥蜴，這就是表現哲人想像的元素「火」。像這樣好像自身神祕的火，雖經哲人認為元素，尚茫然抓不着牠的本體，就是空氣。金屬是成爲許多鍊金學者的注意和興味的中心。就這火與空氣金屬三者間錯綜的關係，展開了波義爾以後一百年間化學家們的研究和爭論的一幕。

其二

在距今三百年前，法國醫學博士章列氏（Jean Rey）在他的論文中，應用了藥劑師所

魯恩 (Brin) 的實驗，併且申述了他關於這實驗的意見。這位藥劑師把大約有一千克的錫的細末，放在鐵鍋裏，在炭火上不斷的炒過六小時以後，就成了白色的粉末。把牠秤起來，竟有一千二百克，這明明白白是增加了二百克的重量，因此他大吃一驚。爲什麼那樣驚怪呢？因爲燃燒木頭化成的灰是比原來的木頭要輕些的。但我們是深知道這是不值得那樣驚怪的事。爲什麼呢？因爲錫從空氣中吸取了養氣，化合起來，所以得出來的粉末（就說牠是金屬灰吧）比較原來的錫，就增加了從空氣中取得的養氣那麼多的重量。又燃燒木柴，也是吸收空氣中的養氣，化成了二氧化碳和水蒸氣逃散了，最後祇把不能揮發的留下來，所以灰比木頭輕。這樣的事，祇要是中學生就知道的。但在那時候可兩樣，第一就因爲養氣這個東西還沒有被發見出來。這位藥劑師，說明這大約因爲有塵埃從外部飛進來，同時從鍋底脫落的東西雜在裏面吧。但章烈博士說這種解釋是不成功的。灰的重量的增加，應當解釋爲空氣凝結在鍋裏的原故。用公式表示牠爲：

金屬 + 空氣 = 灰

這時候，還沒有化學方程式一類的東西，所以除用這種方式外就沒有辦法了。這位醫生的想法是很了不得的，不是幾乎近於真理嗎？從此四十年後，那位波義爾氏重作這樣的實驗。他把用鉤鑿鉤成細粉的錫五十六克，倒進玻璃曲頸瓶內，把曲頸瓶的頸拉得很長，熔合其尖端，密封之後，架在碳火上，強熱兩小時，然後把頸的尖端打破，便聽見嘶的一聲，外面有空氣走進去，再把曲頸瓶打碎，秤秤裏面的東西，成了五十七克，這明明是增重了一克。這打破瓶的尖端時，從外面空氣走進去，是非常重大點因為在強熱的時候，曲頸瓶內的空氣中的氧氣和錫化合，就有那樣多的空氣減少了。這不能不說是當然的事。仔細注意牠就可以知道章烈博士說的話，是不錯的。但是深為遺憾的，就是波義爾不看重這一點，而老以為重量增加，是錫和火結合的緣故。因此以為火和缺是能用天秤秤得重量的東西。換言之，就是說火是一種物質，用和前面同樣的公式來表示牠，那是：

金屬 + 火 = 灰

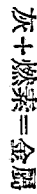
在波義爾那樣的大學者，而有這樣皮相的見解，不能不說是可惜之至。他若是多少注意

去研究空氣，也就不致於說出這樣錯誤的話吧。相信偉大學者的學說，全部沒有錯誤的危險，看這個例子就明白了。實際上這樣的例子很多。因為偉大的學者並非神仙啊。

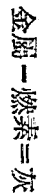
其三

波義爾的學說，因為他自己有名，其所影響的也就很大，乃至不能不成為非常誤解的原因，種下了關於物體燃燒的一個錯誤學說——燃素說——的種子。這種錯誤的理論，在其後一百年間，深深地印入化學家的腦子裏，以極大的勢力，侵入化學界。其中雖也有發見牠的錯誤的學者，但是攻破牠却很不容易。這裏得說一說，燃素說究竟是怎麼回事呢？和波義爾同時的德國哲學家柏赫爾的弟子斯普爾氏，是被認為創始這學說的人。他生在德國，在做了大學教授以後，就做了普魯士王的太醫。他說：「一切可燃體都含有燃素的成分，在燃燒的時候，放出來。」這是這學說的基礎觀念，引伸牠的意義，就是煤、木材、和油都含有燃素。金屬也含有燃素，燃燒起來，燃素向空氣中逃去，祇剩下灰燼。因此說：「金屬是燃素和灰的化合物。燃燒，畢竟

是可燃體分離爲燃素和其他成分的現象。用公式表示如下：



把這式子變換爲下列的形式，就得出金屬燃燒時候的式子；



但假使燃燒是有一定重量的物質，而從一定重量的金屬逃出去，那麼剩下來的灰，理應是餘數的量；但實際上是如前面所說，灰還要重些。這是很妙的事。要勉強通過這一學說，燃素就非得使牠成爲有負數的重量的東西不行，這樣一來，話也許有點煩瑣了。



假定式中 X 比 Y 大，又假定 Y 是正數，則 Z 一定比 X 小。但這裏要使 Z 比 X 大，Y 也得是負數。作爲實際問題來說，所謂負數的重量是沒有意義的，我們就想像牠也很不方便。

這種不合理的學說的產生，不能不說即是輕視實驗，祇想從腦子裏尋出真理的結果。人類，是很奇妙的動物，一度踏入了迷途，是很不容易醒悟的。就在解答試驗問題的時候，最初若

有不正確的思想浮上腦海，可以無論到什麼地方，牠總在糾纏着，總努力想什麼法子去牽強附會牠。人類在犯着道德上的過失時，也是同樣的情形。大凡不受相當的重大打擊，是很不容易醒悟的。

理論祇有和實際調和纔有價值。若果創出的理論和實驗的結果不調和時，就得放棄那種理論。但這是要不少的勇氣才能做到，像有名的達爾文氏是一個想像力的豐富者，差不多對於任何事物都非建立相當的理論不止，但若是實驗的結果，認為是錯誤的，就是任何學說也毫不躊躇地放棄牠。因此可以說：『體系是應創造的，但也要勇於破壞牠。』化學家科爾陀夫氏 (I. M. Rothof) 也說：『理論是先導，實驗是決斷。』就是說最後的決定是實驗。這是從事科學的人們應當牢牢記着的一點。

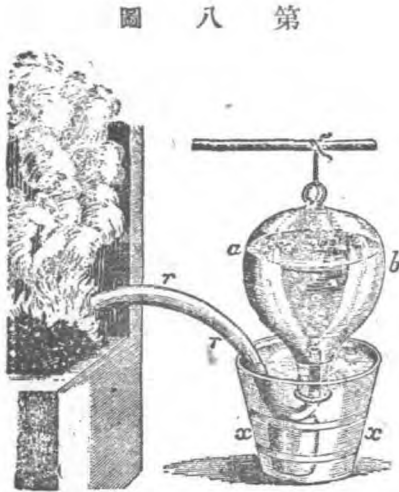
此說應用到化學現象上，是極有興趣的事。以下試舉幾個例子。(一)把磷片燃燒看看。牠的灰是白色的粉末，溶化在水中，就成磷酸。因此說，磷是燃素和磷酸的化合物。實際上磷是和空氣中的養氣化合，成爲稱五氧化磷的白色粉末。這溶化在水中，就成爲磷酸。這種實驗，常

在小學或中學作爲證明空氣中，養氣約佔五分之一的實驗。(一)試燃燒硫黃，這全部燃燒之後，什麼也不留下。因此說：『硫黃是純粹的燃素。』(二)把銅的灰(一氧化銅)和炭(牠含有很多的燃素)，一同加熱，炭把牠的燃素交給灰，就再生出光輝燦然的銅。照此說灰不能不比金屬輕，而實際上是相反的。某學者爲着辯護這事實，作了一個實驗後，他說：『一斤鉛比一斤羽毛重。』這是因爲他看見灰似乎比金屬堆的高，遂把重量和密度混爲一談了。其實一斤鉛和一斤羽毛，同是一斤，不會誰比誰輕。又有某學者這樣說：『燃素是不像其他物質一樣被地球吸引着，反而是被排斥的，因此物質包含燃素越多就越輕。』

但後來到發見輕氣的時候，看見這種氣體，比空氣還輕，把牠盛滿了的袋子，會冉冉地向空中上昇，又看見和炭一樣能從金屬灰中生燦然的金屬，就以爲這纔是真正的燃素。要之，這種奇妙的學說，在百年間竟能給人們信以爲真，是多麼奇怪的事啊。

其四

燃素說一崩潰，化學，就急速地發達起來。但是其間還經過不容遺漏的重大的事。要物體燃燒必須空氣，是在很古就知道了。十三世紀，培根用杯子蓋上燃着的蠟燭，看見燭熄滅了，他說：「空氣是火的食物。」這在前已經說過了。像這樣物體燃燒是不能缺少空氣的。但火藥的燃燒（或是爆發）却不須要空氣。火藥是把炭末和硫黃按着一定的比例配合在硝石中的。其



第八圖

瓦斯收集裝置

中的硝石（硝酸鉀）含有多量的養氣，隨着外部的情形，很容易把所含的養氣放出。因之硝石是絕好的養氣供給者，所以火藥祇要不弄潮了，就是在水底也能燃燒。爆發是很激烈的燃燒。空氣和硝石，都能支持燃燒，這一點是相同的。倫敦的醫生約翰梅幼（John Mayor 一六七四年）著的書中，敘述

得很好。

梅幼說：『在空氣中含有握着燃燒物質底力的『某物 X』，牠又含在硝石中。』從來就知道空氣是各種不同的氣體混合而成的，但是還不知道收集牠的方法。把瓶內用水盪滿，倒立在水上，使瓶中的水和氣體置換的方法，我們叫做『上方置換法』，就是梅幼最初想出來的。但他發明的裝置，有不方便之點。後來有一個叫海勒斯 (Stephen Hales) 的學者，把牠改良做成很簡便的形式，如第八圖所示，這是收集二氧化碳的情形。氣體通過 r r 鐵管，向注滿了水倒立着的玻璃罐 a b 中排水而進。被押退的水，就加在下面 x x 的容器中。這種裝置，到後來在瓦斯體的研究上，非常有用，因此成了一種大發見。

梅幼爲着研究空氣中的『某物 X』曾做了如下述的實驗。即是向放進空氣倒立在水上的玻璃罐裏，把點燃了的蠟燭插進去隨着燭燃燒，內部空氣的容積跟着減少，又同樣把一個小耗子關閉在裝進了空氣倒立在水上的玻璃罐裏，因爲空氣減少，終於死在裏面的實驗，於是梅幼想燃燒和呼吸是有相似的現象。玻璃罐和玻璃鍾裏的空氣減少，是因爲空氣中的

第九圖



幼穉的實驗

燃素的壯舉，也許在前一世紀就完成了。

其五

梅幼沒有抓得牠的原身而遺留下來的「某物X」，在距他的著作出版的一六七四年

「某物X」給燒燃或是呼吸消費了。他又觀察到若把蠟燭和耗子一同放進玻璃鐘裏，耗子死得比燭光息滅還要快。梅幼說明這是因為蠟燭奪去了老鼠呼吸所必要的「某物X」。他所說的一切沒有一樣是錯的。可惜的是他既賦有這樣優越的思想，而祇活到三十四歲，不會把「某物X」的原身尋究出來。若天假以年，那麼在百年後，法國大化學家拉瓦錫擊破

剛巧一百年後的一七七四年，由英國的牧師普利斯特利，又同年由瑞典的大化學家謝勒各自獨立地發見出來了。這是在化學史上名垂千古底養氣的大發見。普利斯特利 (Priestley) 在一七三三年生於英國約克的黎慈地方。七歲時母親就和他永別了，他寄養在伯母家裏，長成後做過牧師，得過神學博士；但是他一方面對於化學很感興趣，利用梅幼發明經海勒斯改良的氣體收集法，發見了許多新的氣體。海勒斯的改良方法，祇用水，但因他不懂用水，還用水銀，所以他終究能發見許多可溶在水中的氣體。他所發見的氣體為人們所週知的是下列幾種：

一 氯化氫

二 氟化氫

三 笑氣

四 一氧化碳

五 二氧化碳

燃燒學說

西曆一七七四年八月一日，梅幼所提出的「某物X」終於發見了。普利斯特利爲着取得新的氣體，以直徑一尺多的巨大鏡頭加強熱於各種物質，把由那裏生出來的氣體，在水銀下，行上方置換的工作，在他有名的關於氣體的實驗及觀察的書中說：

「這是一七七四年八月一日的事，我嘗試從水銀的灰（赤色氧化汞）取出氣體，隨即借這鏡頭之助，看見急激地生出氣體來。得了多於水銀灰之容積三倍乃至四倍的氣體。雖也曾把水加進去，但牠不溶解於水。這時使我十分驚奇的，就是在這氣體中蠟燭發出非常強烈的火焰而燃燒……」

又把火快要滅的木片，投進這氣體中，也放出烈光而燃燒。這是在小學校和中學校裏，先生常常實驗給學生看的。并且又發見小耗子在這樣氣體中，比在封閉空氣的瓶子裏，能多活兩倍的長時間。這種氣體，就是梅幼的所說「某物X」。

謝勒（Schelle）用和普利斯特利完全不同的方法，把硝石加熱而得到養氣。他用巧妙的方法，認明了空氣是一種很活潑地起化學作用的東西——養氣和不活潑的東西——淡

氣的混合物，到這裏，空氣的原身纔算被曝露出來了。知道了哲人們把牠當成元素的東西，原來不是元素，而是混合物。謝勒的家很窮，他在兒童時代，一面做藥店裏小夥計，一面刻苦求學，後來做了藥店的老板。他一生迫於窮苦和疾病，活到四十四歲就死了。他雖沒有掙得藥店老板以上的地位，可是古今來具有像他一樣的觀察力和實驗的手腕的人，是很少的吧。實在作爲一個化學家，他也是一個出色的豪傑。難怪人們爲着表彰他對於化學界的功勳，在瑞典的首都斯德哥爾摩，替他建立了一座銅像。

其六

像這樣發見了養氣，同時和古來所談的故事關係最深的二氧化碳的研究，也非常進步了。赫爾孟特已經知道了這種氣體是藏在古的洞穴之中，又木料燃燒的時候能發生二氧化碳和有這種氣體的地方，燭光就熄滅之類。但從另一方面說，若把大理石和白堊加以強熱就生出生石灰，觸在皮膚上，生出水泡，恰像給火傷了一樣，這種現象在當時的人看來，以爲在燒

大理石的時候，牠吸收了火而生出石灰，若拿在手裏當然要受到與火傷同樣的結果。但是有個正和普利斯特利同時代而且同住在英國的愛丁堡的醫生，後來做了格拉斯哥大學的教授的布拉克（J. Black）在研究這問題的時候，知道了大理石和白堊燒過後，更減輕百分之四十四，這原因是某種氣體給逃散了。他再進一步去研究，把石灰水（生石灰加水而成的熟石灰，溶在水中的）放在空氣中，受着空氣中的二氧化碳的作用，生出大理石和白堊的細粒子，呈現白色的渾濁。由此判明了最初燃燒大理石時走散的氣體是二氧化碳。

又普利斯特利在發見養氣的兩年前，吊一塊木炭在裝有空氣倒立在水上的玻璃鐘中，從外面用鏡頭的焦點，使牠燃燒，其中的空氣，因容積減少了五分之一，水也就上昇了那樣多。但用水銀代水時，玻璃鐘內空氣的容積，一點也不減少。但在水銀面上稍加以石灰水時，即刻看見石灰水呈出白色的渾濁，鐘內的空氣的五分之一被水銀佔去了。由這實驗愈加證明在木炭燃燒時放出的氣體是二氧化碳。但他們還不知道二氧化碳是養氣和碳的化合物，既經做到這個程度，理應充分明白了，但是他們還不知道。你們一定說做了這樣明瞭的實驗的人，

爲什麼理解力這樣遲鈍呢？這是因爲普利斯特利和其他的學者腦子裏糾纏着燃素那個壞東西，以致失掉了正確地去判斷事物的能力。人類一度印象了不正確的東西，很難正確地去接受事物，由這一個例子推想，够明白了吧。在佛經上叫這做『先入爲主』。這句話說得巧妙極了。關於『先入爲主』之說，稍稍加以考察，應知這是以想像爲根底。想像這東西在科學的研究上，雖是不可缺的，而在另一方面，却也是常生弊害的壞東西。卽是由想像而生的一種思想，成爲先入之主時，不僅要把真實輕輕看過，還會把完全不存在的事實作爲錯覺或幻覺去知覺的。這是心理學家所倡導的。醫學博士小酒井不木氏關於這個學說，曾借兩個學者的話，舉出很有興味的例子。

英國的名醫布勞狄，一八五九年在皇家學會的講演裏說：『想像力若是把牠用蠢笨了，就能把我們引到疑惑和謬誤底暗澹的世界去；但若以經驗和反省，很巧妙的使用牠，一面可成爲詩人的才能的根源，別一面又可成爲科學家有力的武器。』又法國大生理學家伯納爾在訓戒他的弟子的話中也這樣說過：『走進實驗室時，把大衣脫掉，好比把想像的衣，同時也

乾淨地脫掉！實驗完了走出室外時，把大衣穿上，好比把想像的衣同時也穿上。」我們不能不運用想像力，就在「從實驗的事實，引到一個完整的真理的時候。」

第四章 近代化學的建設

其一

在距今大約一百二十年前，爲拿破崙第一世的戰勝紀念，在巴黎聖馬利馬格達崙教堂前面，建立一個巨大的銅像。這銅像台的前面刻有碑記曰：

ANTOINE LAURENT
LAROISIER
1743—1794
FONDATEUR DE LA CHIMIE MODERNE

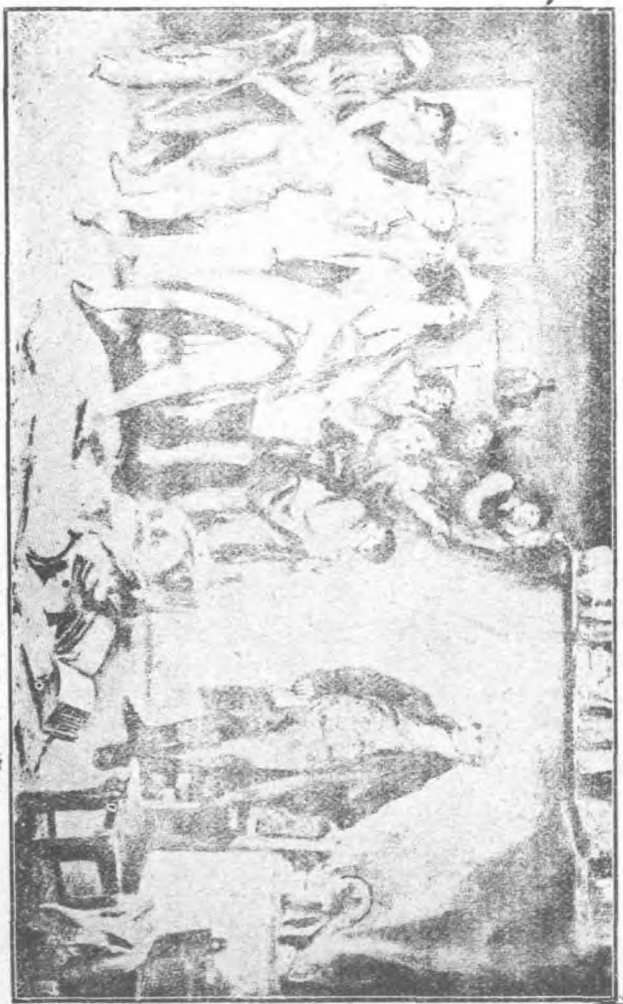
【安徒宛羅蘭拉瓦錫】

一七四三年——一七九四年

近代化學的建設者

他生於一七四三年，是巴黎一個富有的法律家的兒子，最初他繼父業有志於法律，但隨即變其初志轉向自然科學，入馬撒蘭學院入學，從拉楷優學數學，從查錫耳學植物學，從羅愛爾學化學；又從當時著名的地質學家葛達爾，遍遊法蘭西全國，作地質的調查。在一七六八年，他做了學士院的會員。他從他的母親繼承了巨萬的財產，但在科學研究上覺得還不足。為增加收入起見，他做了學士院會員的第二年，又做了稅收承包人。此外還兼了許多要職，為國家盡瘁，以其餘力，再銳意研究。這稅收承包人在社會上的地位既高，所以祇有富人纔能被任命。他擔任了這個職務不久就成了他喪身的原因，這也是一件很不幸的事。

時代真碰得不好，法蘭西大革命爆發，國內的秩序完全紊亂，終至連這些稅收承包人也受到危險！拉瓦錫以下二十七名稅收承包人，都被提到革命裁判所，宣告了死刑。雖有人縷陳



革命黨員團入拉瓦錫的實驗室

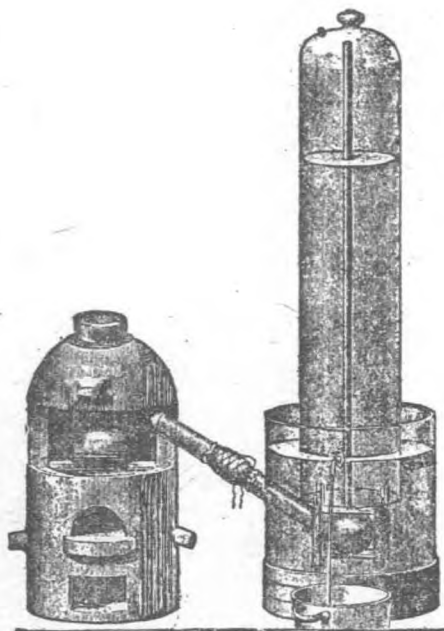
他對於國家和學術界的功績，請求赦免，但那些話到底不入狂熱的革命家之耳。革命的領袖斷然地說：“La République n’a Pas besoin de savants”——「共和國不需要科學家。」在一七九四年三月八日終於很悲慘地化成了斷頭台上的露珠。法國大數學家拉格朗遲氏歎惜他說：「斷掉他的頭，一分鐘也要不了。但造就一個代替他的人，恐怕要好幾百年吧。」

如上所述，在那時篤信燃素說的化學家們，不明白燃燒硫黃完全化為沒有燃燒燐變成白色的粉末，又不明白燃燒金屬得出的灰中，加炭熱之，由炭之燃素給與灰再生出放光輝底金屬的理由。這時距養氣發見尚有二年，拉瓦錫，即於一七七二年十一月一日向學術界宣佈熱的論文中，發表過像下面那樣的話。

「燃燒硫黃生出來的氣體，比原來的硫黃的重量重。燃燒燐得出的粉末比原來的燐的分量重。這是硫黃和燐吸收了空氣，但把炭加於密陀僧（燃燒鉛生出的灰即一氧化鉛）熱之，得出的鉛比原來的密陀僧輕，這是失掉了空氣。」

我想讀者能判明他所說的話吧。燃燒硫黃生出來的二氧化硫，是硫黃和養氣的化合物。

第十圖



拉瓦錫的瓦斯收集裝置

之，炭取了養氣，化成氣體向空中逃散，所以鉛比密陀僧輕。拉瓦錫說這是失去了空氣，第十一圖是拉瓦錫的氣體收集裝置。想多半是用作二氧化碳的研究。把牠和前面的第八圖比較，就能看出牠的改良進步的痕跡。

五四

燃燒磷生出的白色粉末（五氧化磷）是磷和養氣的化合物，所以都比原來的重，就是增加了和牠結合的養氣的重量。當時因為還沒有發見養氣，所以祇說吸收空氣，密陀僧是鉛和養氣的化合物，加炭熱

其二

普利斯特利是一個完成了很多發見的人。但此公的實驗，和別人頗有點不同；他是不論什麼，到手就實驗，很快很快地就發見。在他幹着這種任性的實驗時，在英國還有一個怪人，拼命的在研究。這人叫做亨利卡文狄士。普利斯特利把他發見，而他就加以研究。前者從這一種物質向他一種物質不斷的轉變方向，後者適相反，是注全力於一點，非把牠全部解決不能轉變方向。大抵研究學問是須得學卡文狄士的態度。

這兩個人的性格，是這樣的不同，就是出身也相去很遠。普利斯特利是個工匠的兒子，卡文狄士是侯爵的孫子。卡文狄士生於一七三一年，他的兒童時代的事跡不十分知道，祇知道他十四歲時進了劍橋大學。身為爵爺的他的父親，看見亨利對於政治一類的事，一點也不注意，似乎很覺不快，爲着他反省，把他應得的月費，限制到可怕的小的數目。他父親死後，他一躍而爲百萬富翁，可是他依然完全度着出家人的生活，除了出席皇家學會的集會外，連自己

的房門都不會出過。

這皇家學會，是十七世紀時爲着自然科學的研究而創設的。得了當時的國王查理十二世的勅旨，波義爾氏等便是首先奠定這基礎的人。卡文狄士是大大的乖僻家，而且怕羞簡直怕得可笑；他非常厭惡惡女人，女僕們若不藏在他所看不到的地方，就要挨他的老罵，就在有命令女僕們的必要時，也不直接說話，用紙條寫好，放在食堂的桌子上。因爲是這樣一個怪人，他一輩子沒有結過婚是不用說了，他有兩所住宅，一所在英國博物館附近。另一所在鄉下，因爲他太 and 一般人不同了，以致鄰近的人們，都紛紛說他莫非發了瘋。但有一天，在路上遇到一條劣牛狂奔而來，一個女人快要給那條牛觸死的時候，他把她救了出來。其動作之敏捷與態度之勇敢，使看見的人們，又爲之吃一大驚。

在鄉下的住宅，大會客廳做了他的研究室，又在綠草如茵的地上擺起大的木台，從那裏作天文的觀測。他實爲一最偉大的理學家。其研究範圍，不限於化學，併涉及物理學和天文學。他的實驗，非常正確而有名。他分析空氣，證明了與大氣常爲同一的組成。他所得的結果，有相

當的正確度，下面把牠和現代的數值比較一下吧。（以容積爲比例）

	養	淡
卡文狄士	二〇・九六	七九・一六
現代	二〇・九六	七九・〇四

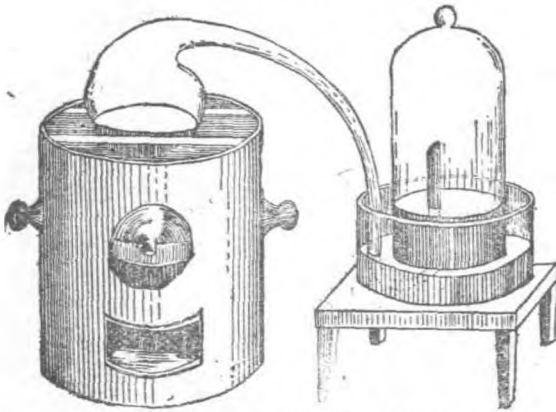
他又是測定地球比重的第一人，卽是他把直徑三十糶大的鉛球及於小振子球的引力，和地球及於這振子球的引力相比較，測得地球的比重爲五・四五。後世測得之值是五・五二。所以不能不說，他測定的值是相當的正確。這個怪異的大科學家在一八一〇年纔死，享年七十九歲。

其三

神學家普利斯特利以發見新的氣體——養氣的那年，有過巴黎之遊。有一部書中說：

拉瓦錫為歡迎這遠來的貴客開過晚餐會。」這時候，拉瓦錫從神學家普氏的口中聽了新發

第 十 二 圖



拉 瓦 錫 的 空 氣 實 驗

見的氣體的話，馬上着手他的研究，做了下述的實驗。這實驗很有名，因此在教科書中，往往把實驗的圖畫上，他們雖畫圖大概都不詳細的說明，因此我想在這裏很詳細的說明一下。

照第十二圖一樣，他把一千克的水銀注入曲頸蒸溜瓶中，把曲頸蒸溜瓶的頸子引長，伸到大約容〇・八呎的空氣的玻璃鐘（牠是倒立在水銀槽上的）內，由此連通曲頸蒸溜瓶內的空氣和玻璃鐘內的空氣。把曲頸蒸溜瓶不停的強熱十二天，瓶內

的水銀，慢慢地和空氣（空氣中養氣）化合，在水銀的表面上，生出赤色的粉末（赤色氧化汞）曲頸瓶內的空氣和玻璃鐘內的空氣連通着，曲頸瓶內的空氣若減少，玻璃鐘內的空氣爲着去填補牠，也隨着減少，同時倒立着玻璃鐘的槽裏的水銀，上昇到佔着先去的空氣的容積。像這樣到了第十二天給水銀佔去了的容積，約當鐘內空氣的六分之一。這實驗若更長時間繼續下去，可以減少到空氣的約五分之一。就是有那麼多的空氣（即養氣）和瓶內被強熱着的水銀化合，變成赤色粉末。

拉瓦錫在第十二天，中止這實驗，檢查殘留在玻璃鐘內的空氣，這幾乎是沒有支持物體燃燒能力的東西。其次把生出來的赤色粉末，仔細秤過之後，把牠放在小玻璃瓶裏，加以比前還要強的熱時，有相當於最初在玻璃鐘內失去的容積的氣體發生，試驗起來，具有極易燃燒物體的能力。這可就是普利斯特利發見的養氣了。讀者該知道的，水銀加熱，吸取空氣中的養氣，再加強熱，又把一度吸取的養氣放出來，因此用這個方法，可以很純粹的製出養氣來。其次在小學校和中學校裏常常做的實驗，即是把黃燐放在倒立於水上的玻璃鐘裏燃燒，鐘裏一

時白烟瀰漫，漸漸都溶化在水裏去了，一回兒外部的水上昇，佔去玻璃鐘內的空氣的五分之一。——這實驗也是從他開始的。

和他同時的，在英國的卡文狄士，收集了加鋅和鐵於稀硫酸和稀鹽酸中，發生的氣體。因這氣體本身很會燃，當時被稱爲「燃氣」。但他把普利斯特利發見的氣體，混合在這種燃氣中，從牠通過電氣火花，使之爆發，發見有水滴出來。再把這研究繼續下去的時候，纔知道由養氣和其兩倍容積的輕氣化合便成水。從來水是被認爲一種元素的，但這麼一來水就完全從元素地位上拉下來了。拉瓦錫見這種燃燒氣是作成水的元素，就叫牠水素或輕氣。還有卡文狄士注意到把輕氣和養氣混合使牠爆發，而成的水，稍許帶有酸性。經過種種研究的結果，知道含有酸性的原因，是因爲有了硝酸。這種硝酸是因空氣中的養氣和與牠混合的輕氣化合時，同時存在着的淡氣而成。因此證實了硝酸，實在是養氣、淡氣和輕氣的化合物。

其四

拉瓦錫隨着那有名的實驗，同時進行二氧化碳的研究，終於證明牠實在是碳和養氣的化合物，由這些實驗的結果，知道金屬燃燒成爲粉末時，不是什麼燃素逃散了，却是和空氣的五分之一相當的氣體結合了。在木材，炭，油，燃燒的時候，也還是這種氣體作用。在這裏拉瓦錫很明顯地而且正確地找着了燃燒和火的原身，握住了開這一秘密之門的鎖鑰，於是人智啓迪數千年以來不能了解的燃燒的真理，纔大白於光明之下了。

硫黃和養氣化合，溶在水裏，生亞硫酸及硫酸，同樣可使磷生磷酸，炭生炭酸，用舌尖嚐之是帶有酸味的各種酸類。拉瓦錫說：『我因爲養氣是呈現酸性所不可缺的元素，所以擇定希臘語中含有和這同意的語言，叫這新氣體做『氧』。他想養氣是酸的要素，就給以『氧』的名稱。但是他的想法是錯誤的，到後來纔明白。

這是後話。他在一七七七年向法國學術界提出了燃燒的論文，大略如下：

1. 物體祇在空氣中燃燒。

2. 燃燒不是什麼燃素逃去了，却是養氣和物體結合了。

3. 燃燒過的金屬所增加的重量，等於金屬和養氣相加的重量。

4. 空氣是養氣和淡氣的混合物。祇有其中的養氣是支持燃燒的成分。

因此，燃素說就完全斷絕了牠的生命了。

其五

我已經說過了，赫爾孟德在距這時代一百五十年前，對於化學的研究，重視天秤的結果，開始達到了一個重大的法則的觀念。並且約定在後面說明。拉瓦錫也從燃燒的真理引出同樣的觀念。即在燃燒金屬時，生出的金屬灰的重量增加，等於結合了養氣的重量。因此金屬和養氣重量的總和，和生出來的氧化化合物的重量是同一的。又蠟燭燃燒起來，似乎化爲沒有了。但實際上，並不是消滅了，不過是化成了水蒸氣和二氧化碳放散在空氣中了。若是不使這兩種氣體逃散，把牠收集起來，秤其重量，便等於蠟燭和燃燒必要的氧氣的重量之和。用公式表之如下：

(氫十氧)的重量—(水蒸氣十二氧化碳)的重量

以上的觀念，叫做物質不滅的原理，又叫做物質不變的法則。在教科書上是說：

「發生化學變化的物質的質量總和，在變化前後是不變的。」這由拉瓦錫最初在實驗上證明了。但我們不要忘了，在距這時代一百五十年前的時候，幾乎達到了這法則的觀念的赫爾孟德。這物質不滅的原理，和另一個能率不滅的法則，實同為宇宙的大原則。因為拉瓦錫像這樣主張的化學研究，最重要的是極正確地秤出物質的重量。所以從此以後，就叫定量時代。後世化學用的天秤，經不斷的改良的結果，成為非常正確的東西。化學家之注重這個天秤，幾乎是無以復加。備置在化學研究室的天秤，普通是連一克的一萬分之一的重量，都能感得。說到喀爾曼的「微量天秤」比這更微小的重量，也有敏銳的感度。

拉瓦錫做了上面所說的那樣偉大的工作，後來化學就跟着很急速地大大地發達起來，所以他的銅像台上也刻有「近代化學的建設者」的碑記。但法國有名的化學家烏爾遜，在他著作的第一頁上讚美拉瓦錫之極，說出這樣的話來：

「化學是法國的科學，牠的建設者是擁有不朽之名的拉瓦錫。」這可引起了各國的學者們猛烈的非難和攻擊。說化學是法國的科學，實在是目中無人的狂妄的話。難怪各國的學者們要生氣。拉瓦錫的眞價值，由法國人自己說出來，正像「叫化子唱的戲，在後台叫好」的例子一樣，是沒有意義的。這事須得採取外國學者的批評，我想不知有什麼好的參考書沒有。但在大英百科全書中恰巧發見了下面一段的名言，那是德意志大化學家利比熙批評拉瓦錫的話：

「他並非發見了什麼新的物質，也並非發見了從來不曾曉得的物質的性質，或是自然的現象。由他確立的一切的事項，都不過是由他的先人的努力得來的貴重的結果。但他的功績和不朽的名譽，是在他把新的精神灌輸於化學的一點。」

我以爲這樣的話，是近於正確的。

後篇——拉瓦錫以後

第五章 詩人化學家及其弟子

其一

希臘哲學家退利斯，在紀元前六百年的古代，記載過摩擦琥珀，能吸引紙片和羽毛的事實。又大哲學家亞里士多德，在他的著作上記載過用槍去撞刺電氣魚的時候，身上感覺得疼痛麻痺的事實。在十六世紀有一個叫吉爾伯特的人，纔開始系統的地研究這個事實。他創造了「電」這一個名詞，因此電（Electricity）一語的語源，是從希臘語「琥珀」（Electron）一字得來的。

吉爾伯特生於一五四〇年，是英國的科爾折斯特人。他在大陸和英國做醫生，都博得非常好的聲譽。伊利沙伯女王任命他做御醫，為補助他的研究，賜給他以年俸。他注重實驗，據說他這樣說過：「具有敏銳的智慧而缺乏實驗的人，容易犯錯誤。」世上稱他為電學的始祖。電

有兩種，即用絹摩擦玻璃棒時生的電，和用貓皮摩擦樹膠棒時生的電，性質是不相同的。這是由法蘭西人杜費易發見出來的。這人祇受過士兵的教育，成年後，他成了堂堂的科學家。他做實驗證明了無論什麼物體，都能使牠帶電。他死於一七三九年，僅四十一歲。從此六年後，電的實驗通俗化了，據說在荷蘭和德國一帶，已甚至把牠當作把戲玩了。這時候在荷蘭的萊頓地方，有一個有名的物理學家穆申普羅克，以為玻璃是不良導體，在盛在玻璃瓶中的水內，依理是能蓄電的。爲着把發電機和水聯絡，他用金屬絲一端插在水中，一端和發電機連繫。他用一隻手拿瓶，用別一隻手想去取下這根金屬絲時，却使他大吃一驚，他的手腕和胸部受着非常的衝擊，使他跳起來了，這就是「萊頓瓶」發明的動機。於是他把這實驗重復做了多次後，把他的結果，寫在一封給法國一個化學家的信裏說，『即使叫我做法國的國王，我也不願意再受這電的衝擊了。』

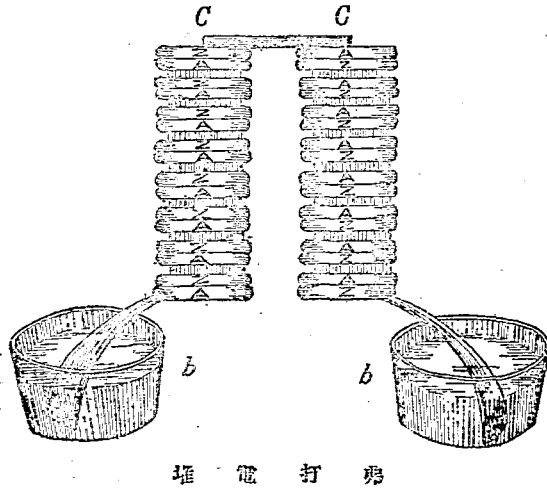
這是距當時三四十年後的一七八〇年的某天的事。意大利波羅尼亞的醫生，兼解剖學教授賈法尼的夫人，她偶然把手中握着的小刀，刀尖觸了她的丈夫給剝了皮放在棹上的蛙

腳的神經。那時候死了的蛙的腳，忽然抖顫地起了，激烈的痙攣。由這動機，這位解剖學家，做了種種實驗的結果，判斷這是蛙的神經有電源隨着金屬而流動。他就把牠命名爲「動物電」。這是「電流」底最初的發見。在醫生間叫電流做賈法尼茲姆（Galvanism），就因爲是賈法尼發見的。

其二

賈法尼的動物電氣說，被同一意大利人的物理學家服爾答反對。那是當然的事，用解剖學家的觀點去說明電氣現象，物理學家是不會無條件的承認的。服爾答在一七四五年生於意大利的科模，正當拉瓦錫在巴黎降生后的第二年。他少年時代愛好文學，長成後，漸溺於科學。雖艱苦備嘗，而勤學不怠。二十四歲時，發表關於「萊頓瓶」的一稿，作爲他的研究論文。十年後終於做了巴維亞大學的物理學教授，授了伯爵，就任爲意大利元老院的議員。在科謨辭世，享壽八十有二。

圖 三 十 第



以增加。那是鋅板和銅板之間，不置用鹽水浸濕的布，而把兩片金屬浸在注有鹽水的容器中，

在拉瓦錫化為斷頭台上的露珠後六年的一八〇〇年，弗打發明了一種電池，實為電池之始。牠是把鋅片和銅片製成的兩塊板重合着。其上置用食鹽水浸濕了布片，再疊上同樣的金屬板一組，這樣的布片和金屬板，相隔的堆疊上去，一端以鋅片為始，他端以銅片為終。這叫做「弗打電池」。這兩端的金屬板，若用金屬絲聯絡起來，就有電流流動。從這電池堆發出來的電流之力，若將電池的形式，稍加改良，更可

第十四圖



弗打電池

聯絡數個像這樣的東西。這就叫做「弗打電池」又叫「杯之王」(卽直列電堆)。第十三圖是示明「弗打電堆」的形式。A是銅片，Z是鋅片，在A和Z之間的異東西，是用鹽水浸溼的布。上端用C把牠們連接，下端各浸入注了水的盆裏。第十四圖是示明「杯之王」。

在弗打發明電堆的第二年的一八〇一年，在英國有尼古爾遜和卡萊爾兩個化學家，在這電堆的兩端，接上白金絲，把牠插入水中時，發見有氣泡從水中鼻出。他們很仔細地一研究時，知道從接在電堆的鋅片上的白金絲(陽極)生出來的氣體，是養氣，從連結在銅片上的白金絲(陰極)生出來的氣體是輕氣。回溯二十多年以前，同一英國大化學家卡文狄士，給輕氣和養氣的混合物通過電氣火花使他爆發，合成爲水，這已如前所述，現在恰恰相反，由英國的物理學家把牠分解了。尼古爾遜和卡萊爾的實驗，是使電氣和化學結合的最

初可紀念的一件事。但比這更可驚奇的大實驗，由英國大化學家台維所完成的時期，也來臨了。

其三

在以風光明媚氣候溫和聞名的愛爾蘭的康威爾，有一個叫彭查斯的雕刻家，在一七七八年呱呱地降生了他的長子漢呼烈台維。他幼時是個很頑皮的孩子，頂厭惡學問和工作，歡喜製造火藥，玩弄火花，和持竿釣魚等過日子。大體看來，這孩子是個沒有辦法的懶傢伙。他的頭腦成熟得很早，很會作詩。在他讚美莫恩特灣的詩中，有這樣的句子。

對這莊嚴，

深碧的大海，

感着了！

人生的樂趣。

他的父親死後，他做了波爾魯斯藥劑師的小夥計，漸漸地感到化學的興味，就拚命的研究起來。實驗也做了很多。他所愛讀的化學書，是拉瓦錫著的化學原論。

在這時代新建設的英國皇家研究所，作為研究科學的最高府，是很有權威的。他在二十四歲就被人提拔起來，做了這裏的化學助教，隨即又昇做了教授。皇家研究所本來是一個科學研究機關，但也像大學一樣的聘有教授，時常舉行演講。他演講的態度非常漂亮，在他演講時候，那研究所廣大的講堂裏，濟濟一堂，常有聽衆盈千的盛況。三十四歲時，他的才名已經壓倒一世，名字的前面已經加上了Q. J. 準男爵的稱號，成為漢呼利台維爵士了。因他一生用於極度精勤之中，終於損害健康，所以以那五十一歲的壯年，就在日內瓦休養中死了。詩人卡勒評他道：

『台維若不為第一流化學家，必為當時第一流詩人。』

其四

在一八一五年時，台維作火燄的研究。這是在鑛山裏常有氣體爆發，他爲着救濟鑛工的死亡，而有發明安全燈的計劃。台維見用鐵絲網蓋着火燄時，燄不透出鐵絲網以外，就應用這個道理，作成了安全燈。這對於鑛業界，成了很大的貢獻。後世稱「台維氏安全燈」。在化學教科書中，都必須記載的。

我在前章說過了拉瓦錫給養氣以「酸素」這一名稱的理由；在這裏再把拉瓦錫的話應用一次吧。

「我因爲養氣是呈現酸性必不可缺的元素，所以擇定在希臘語中含有同意義的言語，命這新的氣體，叫做酸素（即養氣）。」

就是他相信，在酸中必含有養氣。這在他的論文中也說得很明顯地，「非金屬元素和養氣化合時，生出的氧化物，溶解在水中，就成爲酸。」這種思想，在他看起來，是當然的。例如硫黃和氧化合，爲二氧化硫，溶解在水中，變成叫亞硫酸的酸。磷和氧化合，化爲五氧化磷，溶解在水中，變成磷酸。其他如硫酸硝酸等，都實際地含有氧。像這樣說氧是酸的必要成分的學說，爲「酸的

氧素說」是當時有力的學說。

距此二十五年前的時代，前述的瑞典大化學家謝勒發見二氧化錳加入鹽酸生出的氣體，即是綠氣。這綠氣和輕氣的化合物，是氯化氫。其水溶液即是鹽酸。鹽酸自然是完全的酸。照拉瓦錫的學說，在氯化氫中，也得含有養氣。所以當時給呂薩克等偉大的化學家，斷定綠氣是某種未知的元素（設爲x）和氧的化合物。即：

養氣 || x + 氧氣，

氯化氫 || 養氣 + 氧氣，

|| (x) + 養氣 + 氧氣。

台維費盡心血，做了種種的實驗，想從綠氣取出這未知的元素。但他用盡一切的方法，這種企圖，一點也不能實現。這是理應不能成功的，因為綠氣自身也是一種堂堂的元素。於是畢竟被他證明了綠氣是一種元素。因此受了打擊的是「酸的氧素說」。於是那一種謬說，無情地給台維氏肅清，而代以「酸的氫素說」。世有不合輕氣的酸嗎？這從不曾發見一個。由這一

點，就可知道給氧元素叫酸素，是不很妥當的了。台維氏又發見了綠氣有漂白物體的性質，他研究過牠的理由，只要看教科書，就可以明白，這裏不必多說罷。

台維氏很仔細地研究用服爾塔的電堆分解水的實驗，明白了被分解出來的輕氣的容積，恰當養氣的兩倍。他的大實驗是成功於從苛性鈉和苛性鉀分離金屬狀的鈉和鉀，這工作是把二百五十對的鋅片和銅片組成的大電堆發出來的電流，通過苛性鈉和苛性鉀的熔化物而作成的。此時發生劇烈的作用，那軟軟的對於水有強烈作用的兩種金屬，以單體之形被分離出來。這金屬若放在空氣中，馬上被氧化，投到水中，發出火光和水化合，因此普通是儲藏在煤油中。實在這種奇妙的金屬被分離的事，是視為在電氣和化學的關係上重大底驚異的。但比台維氏的科學上種種發見更偉大的成績，是他從裝訂作的工人中，提拔出來的大科學家法拉弟。

其五

日本東北帝國大學教授故物理學家愛知敬一博士著的法拉弟傳，是有志於作一科學家青年們必讀的書。這四六開本共一百五十餘頁的書，寫得很是有趣。法拉弟生在一七九一年，是倫敦附近紐英頓布特的鐵匠的兒子。因為家裏很窮困，他十三歲時被雇在裝訂作裏，很忠實地工作。一年後，就做了那店裏的學徒。他愛讀李奧的電氣實驗和波義爾的化學原理綱要。但他僅是這樣讀書，還不能滿足，就用他那微少的零用錢，買些簡單的器械，專心去實驗。

後來，這店的主顧中，有一個紳士，看見他對於理化學這樣熱心，就帶他到皇家研究所去聽台維氏的講演。前後聽了四次。題目是綠氣，可燃性和金屬。他一面聽講，一面就把他筆記下來，很清楚地膽好，插入實驗圖附上索引。他對理化學感覺得非常的有趣，他還能謀得一個可以幹科學的位置就好了。他把述他的希望的信，和作爲自己熱心證明的台維氏講演的記錄，送交台維氏。台維回了他的信，甚至很親切的給法拉弟會了面。在第二年三月，他終於做了台維的助手。每一星期給以十二元五角報酬，在皇家研究所內，把一間房子，做了寢室。他的先生台維氏訓戒他說：「科學是和粗暴的女主人一樣，對於侍奉牠的人，祇給很低微的物質的

報關。你切不可拋棄你最初的志願。」

他做了半年助手以後，台維氏有歐洲大陸之行，他做了他的隨伴，在年半的旅行之中，他積蓄了種種寶貴的經驗，也曾見了許多的大陸的學者，大大地啓發了他的知識。其中有大科學家給呂薩克和已老了的服爾塔。

皇家研究所原名叫做 Royal Institution。是法拉弟降生的前八年設立的，在那時的歐洲和英國的大學，無一處有實驗所的設備。對於近世科學的普及和進步，皇家研究所方面的貢獻，恐怕比任何大學都要大吧。這地方實爲三大科學家楊格，台維，及法拉弟的講學和研究的場所。今日的英國人叫這裏做「科學的巴鐵農勒」(The parthenon of science)就是讚美這三位科學家遺留不朽的功績的地方。皇家研究所設在倫敦的亞爾伯瑪爾街，現在祇略加改造。法拉弟使用過的儀器和訂成冊子的講義筆記，以及其他遺物都被保存着。順便說一說楊格。這人是以發表光的波動說有名。他的本業是醫生。

法拉弟到皇家研究所做台維的助手，是在二十二歲的時候，越十二年，他做了實驗場長；

又隔二年後，做了化學教授，一直供職到七十四歲。距此七年前，維多麗亞女王在漢普屯場的行宮附近，賜了他一所邸宅。他辭了皇家研究所的教授以後，這裏是他主要的住所。到一八六七年的夏天，他終於靠在安樂椅上，像睡着似的與世長辭了。

其六

法拉弟在四十四年的長歲月中所做的研究，多達一百五十八種。但與其說都是化學。毋寧說是以電氣學上的大發見爲多。這些研究，都收集在「關於電氣的實驗研究」及「化學和物理學的實驗研究」中。被視爲人類事業上之最高紀錄，和新發見知識的寶庫，極爲名貴。讀了此書而成爲大學問家的人，很不在少數。據說像發明大王愛迪生，就是非常愛讀他的書的一人。我在這裏想說的，是關於法拉弟的研究中的電解。這是在電氣和化學的關係上，異常重要的。

現在在盛着蒸溜水的玻璃器中，插下兩片白金板，把這板和電池連起來，再放一個電流

計在一片白金板和電池的一極之間。這時候電流計的針，幾乎不動。但若在蒸溜水裏面注進少許硫酸鋅的濃溶液，電流計的針就跳動起來了。這是因為電流流過硫酸鋅的溶液中的緣故。我們如果仔細注意插在玻璃器中的兩片白金板，就看見有下列的情形吧。

1. 在一片白金板上，有金屬的鋅慢慢地向上附結。
2. 取另一片白金板的附近溶液來檢驗，帶有酸性。這是成了硫酸。
3. 又在白金片的近旁，有很多的氣泡生出來，這是養氣。

法拉第做這個實驗，判斷這是化合物為電流所分解。所以他把物質通過電流而被分解的現象叫做電解。但是他取許多東西來實驗的結果注意到有能以電流分解的和不能以電流分解的物質。像砂糖一類的有機化合物，是不能把牠分解的。又把這樣的物質之溶液注入玻璃容器中，電流計的針，動也不動。就是說在這種的溶液中，不能通過電流的。但是鹽類，酸類和鹼質一類的東西，却能被電流分解。這樣的物質，法拉第命他叫做電解質。又兩片白金板內，把連結着附有鋅的這一邊的電池之極，叫做陰極。連結在另一片白金片之極，叫做陽極。這兩極

總稱爲電極。

爲什麼發生這樣的現象呢？這在後來，纔漸漸地明白。爲各電極所吸攏的東西，取「旅行者」的意義。而命名叫離子，或伊洪。向陰極旅行的，叫做陰離子；向陽極移動的，叫做陽離子。法拉第又繼續研究，確定在一定量電流通過同一的液體內的時候，常發生同樣的化學作用。在一八三四年，他提出了「電解的法則。」實在的，這是電化學根本的重要原則。即是：

第一法則：由電解生出來的物質的量和其所通過的電流的分量成正比例。

第二法則：用同一電量，產生於電極的種種物質的量和其化學當量成比例。

化學上得了這個法則，牠的內容就非常充實了。但電解的根本的說明，直到後年，阿累尼阿斯的電氣說出後，纔獲得完全的理解。

第六章 原子和分子說的發展

其一

原子和分子說的發展

在前篇的第一章，已叙明了紀元前五世紀的希臘哲學家，說構成存在宇宙間的一切物體的最根本底物質，是土、水、火、空氣四種元素。那些哲學家們也曾攷察過物體如何組成。他們攷察這個問題的入手處，是從把物體逐漸縮小地分割起來將成功怎樣的東西。對於這個問題，提出了兩個解說。即是：

1. 把物體分割起來，能成爲無限的小。
2. 把物體分割起來，便會達到不能再分割的極限。

第一個解說是小亞細亞人亞拉薩哥拉的假說。第二個是希臘人劉錫普斯的假說。這都是距今二千五百年以前的話了。劉錫普斯把物體一次一次的分割到不能再分割的極限時的小粒子，叫 Atom。這就是「不可分者」（不能再加以分割者）的意義，與我們所謂「原子」相當。這種思想傳到他的弟子德謨克利答斯。

這是原子說的起源，但這不過是有了這麼一種學說，並非指牠對於科學上的貢獻。直到十九世紀的初葉，有個叫道爾頓的學者，纔把二千五百年前的古代，德謨克利答斯的學說拿

來建立了他的原子論說。從此原子纔給與化學上以非常的力量。在說明道爾頓的原子論說之前，我想把比他稍為偉大的物理學家牛頓論原子的一段話引用着。

「神最初為充分地適合他的目的，把物質造成固體狀的，有重量的，很硬的，不能從中穿過的，常是運動着的，並且具有適當底大小和形態的粒子。」

其二

在英國的曼徹斯特市的市廳內，有相對而立的兩個等身的大理石像。一個是原子說的創造者化學家道爾頓；另一個是能力不滅的原理的發見者物理學家朱爾·約翰道爾頓。是距今一百六十多年前的一七六六年，生在英國坎巴拉特的窮苦底布店裏。發見養氣的普利斯特利以一七三三年同生於英國，比道爾頓早三十三年。道氏在小學時代，不是個很聰敏的孩子，但是他能異常的發憤用功。十五歲時，他就到英格蘭湖水地方的鑿達爾，在他哥哥担任教職的學校做了助手，在那裏認識了盲哲學家科福，從他學數學。道氏在鑿達爾住到二十七歲。

那年，就轉則曼徹斯特高等學校執數學和物理學的教鞭。說到這個學校，普利斯特利也會在這裏做過先生的。

道爾頓氏開始感到化學的興味，據說是在三十歲左右。但那時除教書匠的工作，佔去每天大部份的時間外，還能找出適當的時間，去研究化學，這實在是可驚的事。六年後，他從這學校裏辭退出來，更專心於化學的鑽研。在他家的附近，建立了一個小小的研究室，但他的家境還窮，不能不爲着生活去教書。這樣，他就成了有名的化學家。在發表了原子說的時候，他的名聲，不但本國連外國也傳出去。後來他被聘爲倫敦皇家研究所的化學講師了。但他學生的住家，是在曼徹斯特。他整天都深居在研究室裏，很少到外面去遊散，終於一生沒有結婚。這位大學問家以七十八歲的高齡，纔很平靜地落下他的生活之幕。這時候，曼徹斯特的市民發起爲他舉行公葬，聽說有五萬多人擁擠到安放着他的遺骸的公會堂。他是一個害有過度色盲的化學家，因此人稱色盲爲「道爾頓」(Daltonism)。

其二

道爾頓的原子學說大體如下：

1. 不問是元素是化合物，其構成純粹的物質的最小粒子，凡是同一種類的，都具有同大
同重的。

2. 形成元素的原子，因為小極了，不是眼睛能看見的，也不是人類能作成的，更不是人類
能把牠毀滅的。

3. 形成化合物的複合原子，是兩個以上不同的元素的原子結合而成的。

這裏要注意的，是我們把化合物的最小粒子叫做分子。而道爾頓稱牠是「複合原子」。
爲什麼呢？既然化合物是兩個以上的元素結合而成的，那最小的粒子，就是那些三元素的原子
一個一個集合起來，形成那化合物的最小粒子，所以叫他做「複合原子」。還有照我們所知
道的範圍，輕氣，養氣，淡氣等，是兩個原子固結起來成功一個分子，但這在道爾頓的原子說上

是沒有的。是後來發現的。在道爾頓僅僅叫這些做原子。

原子量是一個原子的比較重量，牠的真正重量，是不能知道的。例如輕氣的原子，養氣的原子，都不能知道牠們每個的真實重量。但所知道的是養氣的原子為輕氣原子的幾倍。所謂比較的重量，就指這點。但在現代由非常巧妙的實驗，已能知道原子的實際重量了。道爾頓測定原子量，是以當時知道的最輕的元素氫作標準的，假定這個元素的原子量為一，準此以決定各種元素的原子量。

在道爾頓著的書中，

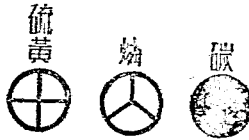
載有元素和化合物的符

號。像第十五圖(甲)一樣。

化合物的符號，是把元素的符號使牠結合而成的。

例如像第十五圖(乙)就是的。這裏也有和實驗相合的，也有錯誤的。

(甲) 圖 五 十 磅



(乙)

水



阿摩尼亞



一氧化碳



二氧化碳



其四

原來道爾頓組成原子說，相傳是爲着從理論上說明當時已經知道的「定比法則」。這個法則，是在一七九年前後，由法人普洛斯特把牠確定的，他以一七五五年，生爲藥劑師的兒子。後來做了馬德里大學的化學教授，相傳他做了許多化學分析的結果，深感在元素結合而成化合物的時候，元素的比例，是固定在自然的約束之下，不能由人力去左右的。他說：

「我們祇能斷定說：大自然對於在地下的，地上的，或是經過人力底作用的一切東西，決沒有差別的活動。」

這樣，定比例的法則，便由普洛斯特在實驗上導引出來。這是化學的基本原理之一。這法則在教科書上也有說明。在這裏簡要的說明牠是：

「在一切的化合物中組成牠的各成分的比例，是各有一定的。」

比方純粹的水，無論是在什麼時候，什麼地方取來的，其氫和氧的重量，恆爲一與八之比，

決沒有亂這個比例的。道爾頓能用他組成的原子說，把這法則從理論上與以說明。怎樣呢？比方水，照他說的，是氧原子一個，和氫原子一個組成的。（實際上是氧原子一個和氫原子兩個）然而設氧元素的原子，每個都有同一重量，氫元素的原子也是一樣的話。那麼水無論在怎麼樣的時候，總是從氧和氫的同一比例組成的，是明顯的事實。接着道爾頓自己發見了「倍數比例法則」。這法則是：

「從 A B 兩元素生出的兩種以上的化合物的時候，和 A 的一定量化合的 B 的量，是相互成簡單的整數比。」

用二氧化碳和一氧化碳作例來說明牠吧。

	A (碳)	B (氧)
一氧化碳	一	一六
二氧化碳	二	三二

即是對於 A 的定量（一二）的 B 的量，一數是一六，另一數是三一。恆為一對二的簡單比，決不會成一對二·三那複雜的比例。這不用說也可以毫不費力的由原子說來說明的。為慎重計稍微解說一下。一氧化碳，對於碳原子一個，有氧原子一個；在二氧化碳中，對於碳原子一個，有兩個氧原子；「參看第十五圖（乙）」。凡任何氧原子都有同一重量，牠的比例當然是對二。但假使不是任何氧原子都有同一重量，而有某原子比某原子稍重的事，就不能成這樣簡單的比例了。

關於這法則，從實驗上已經得那一個正確程度的證明。我在這裏能舉出一個很好的例子，我想這是很有趣味的。現在且把牠寫下來。在一八四二年，有名叫仲馬和史達斯的有名化學家，把一〇〇分的二氧化碳分析來看，發見碳和氧成下列的比例。

碳	.....	二七·二七%
氧	.....	七二·七三%

其次史達斯在八年後，證明了把二二四·六八三克的一氧化碳和二二八·三六七克

的氧化合，會生出三五三·〇五〇克的二氧化碳。故此一〇〇分的二氧化碳是從：

{ 一氧化碳……………六三·六四%
 養氣……………三六·三六%

產生出來的。因此把二七·二七克的碳和七二·七三克的氧化合，製成一〇〇克的二氧化碳。而

$$63.64 - 27.27 = 36.37$$

和三六·三七克的氧化合，就可以製成六三·六四克的一氧化碳。試取這兩數（作線表的）的比來看吧。

$$72.73 / 36.37 = 1.9997 / 1$$

即是一·九九九七對一，也就可說是二對一。這些小的差異，是從實驗上的疏忽得來的。科學家既然不是神仙，是怎麼樣也不能避免的。諸君請玩味史達斯的實驗，是多麼精確地把倍數比例法則證明了。

道爾頓的學說，真是能很正確地說明各種的事實，成爲很方便的东西。但是道爾頓的原
子論，終於發生着無論怎麼樣不能自圓其說的事實，以致和有名的給呂薩克展開了一場大
戰爭。

其五

在道爾頓把原子說的著作，公佈於世的那年（一八〇八年），也就是給呂薩克發表他
有名的「氣體反應法則」的那年。給呂薩克生於一七七八年，是裁判官的兒子，在巴黎的工
科大學（Ecole Polytechnique）畢業後，做了有名的法國化學家培陀勒的助手。隨即做了
巴黎大學的物理學教授，後來歷任工科大學化學教授，植物園的化學教授等職。晚年被列爲
貴族。他是法國赫赫有名的化學家之一。他一生盡瘁於科學，成就了多數的研究。他對於研究
學問，是不顧生命危險的。據說在一八〇四年，他爲試驗高層空氣的成分，拿着實驗器械，乘上
輕氣球，上昇到二萬三千呎的高度和波義爾法則同爲計算氣體容積的重要法則的所謂「

查理士法則，就是他在一八〇二年發見的。因為查理士氏的同一發見，稍在其前，所以他把自己的功勞，讓給查理士，這不能不說是一種美談。

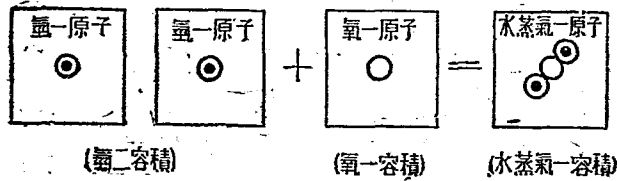
一八〇八年，由他引到光明之下的「氣體反應法則」，是這樣的：

「氣體和氣體化合的時候，參與其化合的氣體容積，互成簡單的整數比。」

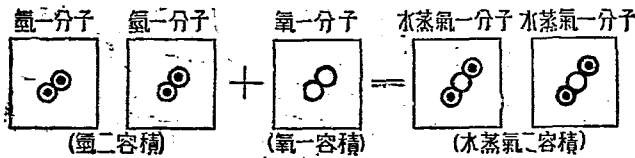
把輕氣和養氣化合成水蒸氣的情形，作例子來說明吧。輕氣，養氣，水蒸氣，在同一溫度，同一壓力的條件之下，氫兩容積和氧一容積化合時，生出水蒸氣兩容積。給呂薩克注意到他的法則和道爾頓的原子說關係，非常密切。他雖不曾明白地指出來，但他想像「在元素或化合物的氣體狀態的同容積中，一定存在着同數的原子。」此所謂同容積，自然是在同一條件（壓力和溫度）下，去比較牠們的。故此兩原子的氫和一原子的氧化合，就生出水的複合原子一個，今使圖解簡單起見，作為一容積之中，含有原子一個罷。假使這樣定了，那末氫，氧，水蒸氣都得繪成一容積中含一原子。

如第十六圖（甲）所示，氫兩容積和氧一容積化合，祇能生出一容積的水蒸氣。但實驗起

(甲) 圖 六 十 第



(乙)



來却生出水蒸氣兩容積。但如第十六圖(乙)所示，假定把氧原子和氫原子，都分割爲二，這問題就解決了。可是「原子分割爲二」在道爾頓是不能承認的事。爲什麼呢？因爲依道爾頓的原子說，原子是物質的最終的粒子，因此以不能分割爲根本條件。至是道爾頓對於給呂薩克的法則，倡反對之論。給呂薩克也嚴守他自己的立場，不肯退讓一步。於是，兩者的大爭論就開始了。這在給呂薩克看來，既經在實驗上證明有水蒸氣兩容積產生，當然不能讓人家說是錯了的。這問題究竟怎樣解決呢？請看下面。

其六

這場爭論直到一八一一年，纔由意大利的物理學家亞佛加德羅把牠解決了。他在一七七六年（和給呂薩克不過相差兩年）生於意大利的士林。起初是個法學博士，但於二十四歲時起，開始研究數學，九年後，他做了物理學教授。他發見了道爾頓和給呂薩克不一致的緣因，就是道爾頓的原子說稍有不妥之處。他爲着修正此說，想出一個所謂分子。比如氧和氫各兩個原子結合而成一個分子。氣體與其說是從原子集合來的，不如說是分子的集合。而那種分子若是元素，便由相同的原子結合而成；若是化合物，就由異種原子的結合而成。這種假說的正確，到了近代獲得證明。經這一修正的原子說，不僅能說明從來的定比法則，和倍數法則，并且進而能圓滿的說明氣體反應法則，即像第十六圖（乙）就冰釋了前圖（甲）所不了解之點了。

同時亞佛加德羅提出了一個假說。就是我們都知道的「亞佛加德羅假說」即是說：

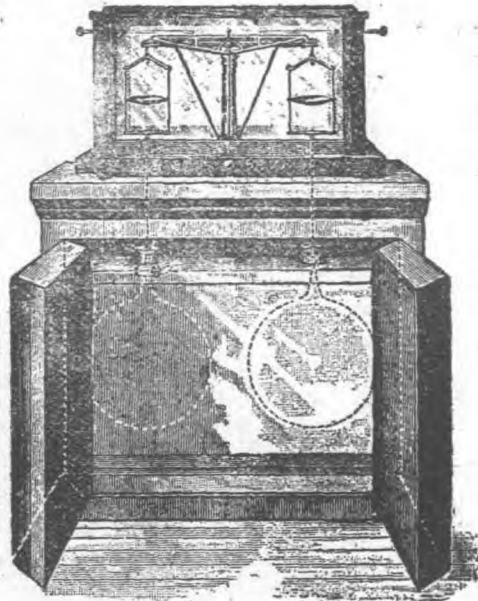
「凡氣體在同溫度同壓力之下其同體積中，含有同數的分子。」

這在現在已經不是一種假說，連存在於一定體積中的分子之數，也能知道了。亞佛加德羅說過用這假說，可以知道分子一個的比較重量。爲什麼呢？我們在實驗室中，把一坩的氫和氧秤量一下時，可知一是 $O \cdot O \cdot O$ 八九克，一是 $1 \cdot 429$ 九克。因爲不知道在一坩中含有多少分子，所以假設牠爲 n 個。則：

$$\begin{array}{r} 1.429 \text{ 克} \quad \text{——} \quad \text{氧1坩的分量} \quad \text{——} \quad \text{氧}n\text{個分子的重量} \quad \text{——} \quad \text{(消去}n\text{)} \\ 0.089 \text{ 克} \quad \text{——} \quad \text{氫1坩的分量} \quad \text{——} \quad \text{氫}n\text{個分子的重量} \\ \hline \text{——} \quad \text{氧分子1個的分量} \quad \text{——} \quad 16 \\ \text{——} \quad \text{氫分子1個的分量} \quad \text{——} \quad 1 \end{array}$$

由這式得出不名數，是當然的。我們若以氫分子一個的重量做單位，命牠是一，就可以知道氧分子的重量約爲十六吧。一坩的氧的重爲 $1 \cdot 429$ 九克，是距今三十五年前摩黎用牠設計的器械，在溫度一七·四八度，壓力七四五·九一毫米下，測定出來的數值。其裝置像第七圖一樣，把氧放在下面玻璃製的球內。上面作成天秤的裝置。氫比空氣輕，用這裝置不能測

第七十圖



摩黎測定養氣之重器

九四

驗出來。但摩黎又用其他的方法，決定了一磅的氫是〇・〇九克。(茲略)

其七

自從亞佛加德羅把他的有名的假說，提交學術界後，迄今閱了五十年。的歲月。人們都像完全把這有名的假說忘了似的。

但在前節說過的，測知分子一個的比較重量的他的方法，是非常貴重的，却萬萬不可忘記。若知道了分子一個的比較重量，就容易知道原子一個的比較重量。這原子一個的比較重量，就

叫做原子量，可是要測定各種元素的原子量，是不能沒有標準的。這就是定那一種元素的原子量爲一的問題。這問題是很困難而不容易決定的。又用什麼方法去測定原子量，也是很困難的問題。

但在這時候出了一個賢明的學者，由他採用了五十年前亞佛加德羅遺留下來的辦法，給與了解決這難題的一線曙光。這是亞佛加德羅的同國人化學家卡尼薩羅。

他在一八二六年（比亞佛加德羅後五十年）生於意大利的巴勒摩地方。十五歲就開始學習醫學，後來獻身於化學界，二十九歲，便做了意大利的熱那亞大學的教授。他把輕氣分子的比較重量分爲二，而定其一半，即氫原子的比較重量爲一，採用這爲原子的標準，作成原子量表，其表的體如下：

元素名	原子量
氫	一
氧	一六

氯 三五·五

溴 八〇

砷 一五〇

銻 一〇〇

以下略

照這表上看來，設氫的原子量是一，那麼氧的原子量就是一六，但在一八九五年，由前面所說摩黎做的空前正確底實驗的結果，纔知道氧的原子量不是一六而是一五·八七九。用氫原子爲原子量的標準，而假設牠爲一。因爲氫是最輕的理由。但到後來漸知道其不便之點很不少。反之，氧氣幾乎是和一切元素化合。要決定新發見的元素的原子量，首先得把牠和氧化合，因此知道以氧作標準是很便利的。可是話雖這樣說，現在若再把氧元素的原子量一五·八七九爲一，從來用過的數，就受很大的變化，習慣上要感到許多不便。因此在一八九八年由德國化學會指定的委員會，根據史達斯的意見，定氧的原子量恰是一六·〇〇，其結果氫

恰是由一到一·〇〇八，就祇看見極少的變化。因為實驗的方法和器械的精巧底程度年有進步，原子量雖是微小得很，也隨之而有所修正。萬國原子量委員會，每年根據這新的數值，製成原子量表，雖沒有很大的差異，但最好是儘可能的用新的表。

第七章 元素符號和化學式的由來

其一

假使我們想澈悟化學哲學的精神，首先就得從相信分子着手。——科克——

英人道爾頓創出的元素符號，看去似乎很有趣的。但這樣的符號，究竟跟不上化學的進步。因為第一在書寫上非常麻煩，元素的數少的時候還好辦，元素的種類一多起來，一一作出這樣麻煩的符號，就是默記牠也不可能。所以怎麼樣也得把牠改成簡便的方法。執行這種改良的人，是和台維道爾頓兩人同時代的瑞典大化學家柏濟方阿斯。

元素符號和化學式的由來

柏濟力阿斯，後台維氏一年，於一七七九年，生於瑞典的菲菲爾增特。他的父親是學校裏的先生，在他四歲時就死了，隨後他母親也死了，年紀很小的他，寄養在親戚的家裏，嘗盡了所有的艱苦。他長成後，在烏布薩拉大學讀書，研究藥學。在二十三歲，提出了「關於有機體的電流作用」的論文，得了博士學位，他是一個精力絕倫的努力家，當時都稱他是無機化學的大王。他發見了好幾種元素，即是

錫 ： 一八一八年

鈉和硅 ： 一八二三年

鋅和鎂 ： 一八二四年

鉍銻和銀 ： 一八二八年

碲 ： 一八三三年

獨自發見了這樣多的元素的化學家，確是從來少有的，的確不辱「無機化學大王」之名。

他又在十年之中，以從來未有的縝密和正確，測定了兩千種以上的化學物質的原子量，和分子量，現在取他所測定的幾個例子，和現代的數值比較對照一看吧。由此可知他的實驗，是怎樣的縝密和正確了。

元素名	原子量	
	柏濟利阿斯	現代(一九三〇)
鉛	二〇七·一二	二〇七·二一〇
氯	三五·四一	三五·四五七
鈷	三九·一九	三九·一〇四
硫	三二·一八	三二·〇六〇
銀	一〇八·一二	一〇七·八八〇
氮	一四·〇五	一四·〇〇八

元素符號和化學式的由來

在百年以上的昔日，得出和以現代最進步的裝置所測定的數值這樣相近，實在是非凡的實驗手腕。其精力之強大與作事之努力，不能不使人驚嘆。

柏濟力阿斯發明的元素符號，是用拉丁語或希臘語的元素名底第一個字母。若是第一個字母相同的，就把第二個或另一個字母添接上去。例如：

氧是 O	.....	<u>O</u> xygenium
銻是 Os	.....	<u>O</u> sminium
氫是 H	.....	<u>H</u> ydrogenium
銻是 Hg	.....	<u>H</u> ydrogyrum
氮是 N	.....	<u>N</u> itrogenium
鎳是 Ni	.....	<u>N</u> icelum
碳是 C	.....	<u>C</u> arbonicum
銅是 Cu	.....	<u>C</u> uprum

這個方法，就在現代還是沒有什麼變更而使用着的。但道爾頓對於柏濟力阿斯的符號，却大大地反對，至死不放棄他的主張。他說：

「柏濟力阿斯的元素符號，在科學上是不合理的。」

像他這樣的學者，也是人類，究竟人類是感情的動物，所以堅執他的主張了。

上述的符號，是表示各原子的一個，若要表示分子的時候。比方像氫元素的分子就作H₂，氧元素的分子作O₂一樣，把組成一分子的原子數，用小的符號記在元素符號的右邊下面。

其二

像上述的一樣，道爾頓從自己的原子說，引出來的化合物的符號，也有正適合於我們所知道的式子的，也有不適合的。比方把道爾頓的符號，用柏濟力阿斯式表現出來，就成了這樣：

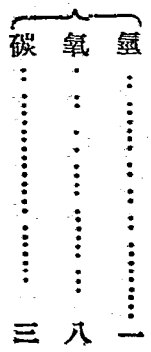
水……………H₂O(誤)

元素符號和化學式的由來

二氧化碳 $\text{CO}_2(\text{H})$

但我們知道水是從氫原子二個和氧原子一個組成的，用符號表示牠是 H_2O 。又知道二氧化碳是從碳原子一個和氧原子兩個組成的，用符號表示牠是 CO_2 。因此道爾頓關於水似乎顯明地錯了。但道爾頓的實驗是沒有錯的，他在他的實驗中，明明說過氫元素二量，和氧一六量化合。他又分析沼氣，指明牠是由氫元素一和碳元素三化合成的，他再分析二氧化碳，證明了碳和氧為三與八之比。這些都是很正確的事實，讀者諸君，從原子量表上去計算他，就能明白的。

諸君把以上各數，照順序排列起來看看。一是氫元素一量，和氧元素八量結合，二是氫元素一量，和碳元素三量結合，三是碳元素三量，和氧元素八量結合，即是



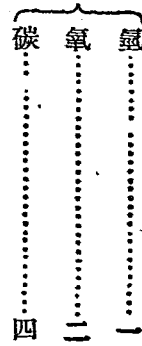
道爾頓把這數字作為原子一個的比較重量，即原子量。但單以道爾頓時代的學識，還不能提出原子量。由應前說的亞佛加德羅的方法的卡尼薩羅底原子量的測定法，得出這樣的數字。

氫	氧	碳
.....1	.....一六	.....一二

這就是真正的原子量。道爾頓所以為是原子量的，其實是我們所謂化學當量；是說各種元素，以什麼比例和氫元素一相結合的問題。試看前後兩組的數字，就可以悟到化學當量有的和原子量相同的，有的是相當於牠的倍數的。在這裏產生了所謂原子價。即是：

原子價 = 原子量 / 化學當量

原子價所含的意義，是怎樣的呢？請參考教科書。若由此式算出前列三元素的原子價是：



這種意義簡單地說，就是原子上伸出有所謂結合手，和其他原子的結合手相聯結，因而兩個以上的原子，組成一個分子。自然在原子怎麼會伸出像那樣的手來，但心裏是這樣假定，就容易理解了。可是，上列的數字，在氫原子上有一隻手，氧原子上有兩隻手，碳原子上有四隻手。因此每一個氫原子的手和氧原子的兩隻手相聯結時，就得出水的分子。又在碳原子四隻手之中，每兩隻手和氧原子兩隻手相聯結時，就成功二氧化碳的分子。由此可知水的分子是由氧原子一個和氫原子兩個；二氧化碳是從碳原子一個和氧原子兩個組成的了。

其二

次表證明用前已說過的亞佛加德羅測知分子一個的比較的方法，測定的元素和化合

物的分子量，和從化學當量測出來的分子量，是何等的精確。可知亞佛加德羅的主張，決不是沒有根據的。

氣體	分子	
	由亞佛加德羅的方法測得之值	化學當量測得之值
輕氣	二·〇一	二·〇一
淡氣	二八·〇一	二八·〇二
養氣	三二·〇〇	三二·〇〇
二氧化碳	四四·二七	四四·〇〇

諸君試依最新的原子量表去計算一番。

卡尼薩羅用亞佛加德羅的方法，測定了許多氣體和能使變化為氣體的化合物的分子量。並定出牠的分子式。分子式是表示那化合物是從什麼元素和什麼元素的幾個原子而產

生的式子，現在舉出一例來說吧。卡氏把二乙醚變化為氣體後，測得其分子量為七四之值，其次分析牠，得知碳，氧，氫成下列的比例。就是：

碳	.....	四八
氫	.....	一〇
氧	.....	一六
} 合計七四		

上列各原子量，在「第二節」中已測得碳是一二，氧是一六，氫是一。用這個原子量除上列的數值，得出各原子的數。為什麼呢？比方現在有蘋果十五兩。蘋果的重都是相同的，設每個為五兩，那末一定祇有三個。按此。

碳原子之數	.....	四
氫原子之數	.....	十
氧原子之數	.....	一

所以二乙醚，就有下列的分子式。即：

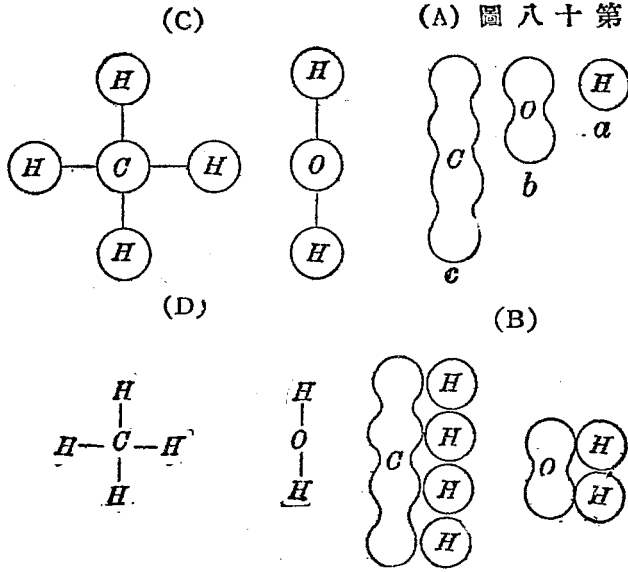
但不能化爲氣體的化合物，不能以亞佛加德羅的方法定其分子量。祇能用其他的方法。

(茲從略)

明白了一物質的分子式，就會想知道組成分子的各原子，是怎樣結合的。表示這個式子，即是構造式。但要知道這個，首先要知道前述的原子價，即是原子上有幾隻手。這構造式賴克庫勒先生發見的力量非常之大。

克庫勒在一八二九年，生於德國的丹穆達德。他起初在基遜大學研究建築學。在這裏遇到前所述的大化學家利比熙氏，隨即受了他的感化，轉學化學。他和柏濟力阿斯是同時代的人。柏氏是一個無機化學家，但克庫勒却成了一個有機化學大家。克氏用第十八圖(A)的式子表示原子價。而以同圖(B)表示化合物。後來慢慢地改良，就變成了第十八圖(C)。我們看了這個原子用結合手互相聯結的樣子就瞭如指掌了。但後來再把包着元素符號的輪子取去，改成了像第十八圖(D)那樣。在現在也還是一般的通用着。在圖(A)中的a是表示氫原子。

(A) 圖八十第

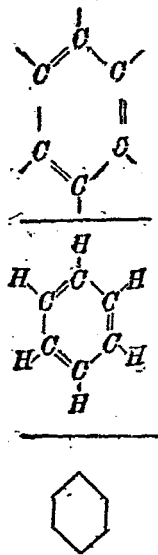


b 是表示氧原子，c 是表示碳原子。在 (B) (C) (D) 圖中是表示水和沼氣的構造式的變遷。

關於化學的構造式，最有趣的故事是輪質 (Benzene) 的構造式。輪質這種物質，是一八二五年，法拉弟壓榨油氣時發見的。後來隔了二十年，又由另一英國化學家賀弗曼再從黑煤油中發見出來。這物質的分子式是 C_6H_6 。可怪的是，具有四隻結合手的碳原子一個，和祇有一隻手的氫原子一個相結合，為什麼

會滿足呢？就是六個碳原子有二十四隻手，而六個氫原子合計祇有六隻手。克庫勒把這不可解的問題，在腦裏，致慮了很久，結果把這秘密之門打開了。據說他做肯特大學教授的時候，一天晚上專心著述之際，不知不覺底睡起來。在夢裏，他看見聯成一列的碳原子，像蛇一樣的蜿蜒，咬着自己的尾巴，作成一個圓圈。於是多時不可解的問題，就冰釋了。這是碳元素的結合手二十四隻，中有六隻和氫元素的六隻手相聯結，而且是碳的一原子和氫的一原子相結合；其餘的十八隻手，碳元素自己互相結合，這樣構成了一個完全的碳輪。這輪就是有名的克庫勒的輪質輪，如十九圖上段所示，這樣一來，碳都有四隻結合手，並沒有絲毫不合理。輪質祇要把六個氫加在這輪上就成了，這請看中段的圖。在有機化學方面，把他畫成一個簡單的六角形。即是圖中下段的樣子。

第十圖



元素符號和化學式的由來

關於克庫勒的輪質構造
的學說，在有機化學的歷史中，
被稱為最有光輝的一頁，成為

今日有機化學的基礎。因這一構造式的發見，數千種新的貴重的醫藥和染料都有了製造的可能。關於這點，我想談一談罷。

其五

乾溜石炭時，能得出可能燃性的所謂煤氣，煤黑油，阿摩尼亞和骸炭。煤黑油是一種黑色而有惡臭的液體，以前在歐洲是要化很多錢，把牠丟棄到市外，作為廢物。但在現在這種廢物却成了具有卓効的醫藥和美麗的染料及其他貴重藥品的原料，誰也不會把牠丟掉的。主要的人造染料，是從這種煤黑油製成的，所以人造染料也叫「煤黑油染料」。這是化學的合成染料。自從一八五六年，英國化學家巴金氏發見以來，到現在製成的染料，已達三千種以上了。巴金氏實在可說是煤黑油染料的開山祖。

他是營造廠的包工的兒子，在一八三八年，生於倫敦市。據說他決心做化學家的動機，是在十三歲時，看見他的朋友做了一個化學實驗。他的老師，是前述從煤黑油中發見輪質的賀

弗曼，在他的指導下從事研究。一八五六年，他十八歲時，研究高價藥品金雞納霜的製法。某天下午，因為實驗不成功，感覺得疲勞失望，把實驗用的藥品溶液，整個的拋棄在玻璃器裏面，即在此一剎那間，呈現一種使他吃了一驚的美麗的顏色。玻璃器底殘留着黑色的沈澱，他觀察到這點，馬上着手研究，就發見了叫噴噴的紫色染料，以此為動機，就衍成今日染料製造學的隆盛。在不久以後的一八六九年，有德國化學家格勒伯及伯曼兩人，把古代從茜艸製出的赤色染料茜艸色素的合成法完成了。的確這事實在是很重要的，因為天然染料由工業上開始合成，在人造染料的歷史上，是被稱為最放異彩的東西。

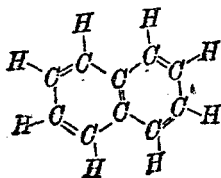
其次在一八八一年，有德國化學家拜厄把從藍艸的葉子取出的青藍染料，在化學上的製法成功了，並且發表了牠的構造式。這也是茜艸色素以後的重要天然染料合成法的發見。但其製造費太貴，不能替代天然藍。可是在一八九〇年，有德人賀易曼發見，從一種更便宜的原料石腦油精中，製造這個染料的方法。從此七年後，德國大顏料公司的巴蒂塞公司，與這兩位化學家，協力完成其工業上的製造法。於是天然藍乃被人造藍驅逐，在市場上完全看不見

牠的影踪了。作為青藍原料的石腦油精，在法拉弟發見輪質的前九年，早由卡爾登氏在蒸溜

煤黑油之際發見。其構造式直到四十年後，纔把牠確定。如第二十圖所示，就像兩個輪質構造式聯在一道的樣子。

像這樣的化學家，不僅用化學的方法，製出和天然的東西完全一樣，有時候，併能製出東西來，比天然產的還要便宜。那麼他們是用什麼方法做出這樣驚人的工作呢？述之於下：

圖 十 二 第



1. 他們首先把天然品提煉為極純粹的東西。

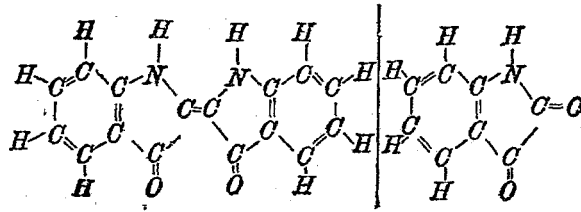
2. 分析此純粹的物質，研究牠是由什麼元素，以什麼比例結合而成功的。

3. 其次用亞佛加德羅的分子量決定法，由這結果和(2)的結果決定其分子式。

4. 再研究其構造式。

5. 知道了構造式，就可以從低賤的原料中取出和牠同樣的東西來組成牠。這樣終於得出和天然品同一的東西。

第 二 十 一 圖



元素的發見和週期律

試就前說的青藍的合成加以說明

1. 用某種方法很容易地把青藍提煉為純粹的品質。
2. 分析牠。

3. 用前說的方法測定牠的分子量，其結果知道牠的分子式是 $C_{16}H_{10}N_2O_2$ 。

4. 其次是構成式了，但這是很不容易的。且把青藍變化變成松藍精。松藍精的構造式是已經曉得的。（見第二十一圖右）照着這個線索去研究的結果，就明白青藍有

第二十一圖左邊那樣的構造式。

這樣化學家已握了青藍的原形。就用石腦油精作牠的原料，使行七段的變化，終於作成了目的物的青藍。這實在可說是化學家可驚的精密的觀察和努力的結晶品啊。

第八章 元素的發見和週期律

其一

回溯起來快是二千五百年以前的事了。自從希臘哲學家亞里士多德的四元論問世以來，由土、水、火、空氣四元素而成的思想，受着時代背景底支持，漸次根深蒂固，一直延長到十七世紀。這時候出了一世英才的羅伯特波義爾，猛然喊破這四元古典思想的錯誤。以後賢明的化學家輩出，相繼把這四元素的元素資格剝奪，而後真正的元素纔陸續的被發見被指名，到現在已經約有九十多種了。

波義爾告訴我們「元素是已經不能把他分解的東西。」這在認識元素上是根本的夢件。在教科書上，在參考書上，關於元素的概念，總是深深地避開不談，祇說到元素是再不能分離為兩個不同的物質的東西，存在於自然界的元素，是這麼一些……的這個程度。這雖是不

好，但說來也有不爲無理。若用嚴格的意義來加以說明，就成爲很艱深的東西。用極普通的話來說吧。假設在這裏得出一種使人疑心牠是元素的純粹物質的時候，我們要下「這種物質是元素」的判斷，不是這樣容易的事。要知道牠是元素還是化合物的唯一法則，先要假定牠是化合物，用所有的方法把牠來分析，讓牠發生各種變化，而正確地測定得出東西的重量，看牠的重量，和以前是一樣的，還是增加了，假使絕對沒有減少時，就可以把牠看成元素了。重量和以前一樣，就是這東西一點沒有起變化的證據，若是重量比以前增加了，那就是其他的元素，和牠結合了的緣故；若有減少的事，就顯明地這東西已分解爲兩個以上了。單就這一點，這東西，已喪失了元素的資格。因此在這種意義上，元素是不能被分解的物質。這樣想起來，可知從前以某種疎忽而被列入元素的，及至那種疎忽發見了，同時那物質就失去元素資格的事，不能說絕對沒有。因此在歷史上看來，最初認爲不可分解的，到後代又被分解爲兩種不同的物質的實例，也是有的。

以下談談關於元素的發見，但首先把有史以前或在古代知道的物質，已取得元素的資

格的,表列如下:

第一表

名稱	元素符號	發見年代
金	Au	有史以前
銀	Ag	全
銅	Cu	全
鐵	Fe	全
錫	Su	全
鉛	Pb	全
硫	S	全
碳	C	全

錫	Sb	紀元前 1000年
錄	Hg	紀元前 300年

其次是在中等教科書上，所載着很有趣的發見故事中，揭其發見年代和發見者的姓名於下：

第二表

名稱	符號	年	代	發見者
砷	As	十三世紀		馬格拉斯
鉍	Bi	一四五〇年		發楞廷
鋅	Zn	一五二〇年		巴拉塞爾士
磷	P	一六六九年		蒲即德
鈷	Co	一七三三年		全

元素的發見和週期律

●	●	★	●	●	●	★	●
鉀	鈉	銻	錫	銻	氯	氮	氧
K	Na	Bi	Pb	Mn	Cl	N	O
一八〇七年	全	一八〇三年	一七八九年	全	一七七四年	?	一七七四年
台維	全	田蘭德	克勒蒲洛德	全	謝勒	拉瓦錫	謝勒，普利斯特利
							謝勒
							卡維狄士
							克倫斯德
							武德
							一七五〇年
							一七六六年
							一七七一年
							一七七四年
							一七五一年
							一七五〇年

★	★	★									
錯	鋤	鈳	鋁	溴	碘	硅	錫	錕	鈣	鎂	硼
Sc	Ga	V	Al	Br	I	Si	Sr	Ba	Ca	Mg	B
一八七九年	一八七五年	一八三〇年	一八二七年	一八二六年	一八一一年	一八一〇年	全	一八〇八年	全	一八〇八年	全
尼爾遜等	波瓦班德拉	塞夫斯得郎	味勒	巴勒爾	古杜瓦	柏濟力阿斯	全	全	全	台維	給呂薩克等

元素的發見和週期律

★	★	★
錳	氮	氫
Ra	He	Ar
一八九八年	一八九五年	一八九四年
居禮夫人	全	拉姆則等

凡表中印有「◎」的，在本書中已經說過了。印有「★」的，我在下面準備敘述牠的發見故事。

其二

磷在元素中，是最有趣味的東西之一。此物在古時代是完全不爲人所知。在距今二百六十年前，纔由蒲郎德偶然發見。他是漢堡的鍊金學者，他也是爲着孜孜地想得黃金，每天埋頭在實驗室裏的化學家之一。在他做的許多瞎摸的實驗中，一天，他把砂子加在蒸發過的人尿中蒸溜時，很驚異的，是得出一種雖非黃金似的黃色，却在空氣中會自然的燃燒起來。這就是可怕的物質磷。磷的語源是含有「發光者」的意義。爲什麼呢？因爲這東西是在暗處放光，放

在空氣中就燃燒發火，所以常把牠放在注滿了水的瓶中。

化學家把具有元素資格的物質作為化合物，努力設法去分解，想取出元素的話，在第五章中實驗綠氣時已說過了。和這相反的就是化學家知道有一種新的元素存在。努力想把牠取出來，但經過很長時間，無論怎樣也不能成功。關於這氫的發見，就是一個好的例子，這元素很類似氯，却有比氯更強烈的性質，和其他一切物質能強烈的化合，所以分離牠，是很困難的事。謝勒因這元素和氫的化合物，有溶化玻璃的性質，所以發見了有名的氟化氫。到了距此四十年後，為着證明氫是元素，而積了許多慘澹的經驗的台維，因為氟化氫和氫與氫的化合物的氟化氫很相似，所以他斷定了有類似氯的氫元素的存在。他費盡許多精力，把牠分離，但是他的熱心都成了泡影。直到經過七十年後的一八八六年，法蘭西化學家毛亞桑，用白金和鈦的合金作成的裝置，纔把這元素的分離成功了。在第二十二圖的右邊，是毛亞桑的遺像，左邊的是他用以分離氫的裝置。

空氣成分的養氣和淡氣的有趣味的故事，已經完了，卡文狄士確定空氣是由約百分之

圖 二 十 二 第



化學故事

祝賀分離氬元素的二十週紀念碑(一九〇六年)

二十一的養氣和百分之七十九的淡氣混合而成的話也談過了。空氣中此外還含有極少量的氫和氦元素。卡文狄士，做着混輕氣於空氣中，通以電氣火花，使牠爆發而製硝酸的實驗時，無論怎麼樣，每次總發見有一百二十分之一的空氣殘留着。若稍不經意，這一些東西，是要被輕輕放過的。但以實驗正確著名的，自然注意到這個。這氣體在約百年後的一八九四年，由同為英國學者的拉姆則和賴列爵士發見了，從希臘語的 Argos 命名為 Argon (氬)。這字的意義是「懶惰」，這是因這元素不活潑，不和其他元素化合，纔給牠取上這樣

的名字的。關於氦有下述的歷史。在一八六八年，有一個祥生的人，到印度去觀察日蝕時，從太陽的紅焰的光帶中，發見有一新元素存在。但這個元素是地球上從來所不知道的，所以羅吉（Lockyer）從希臘語的「太陽」命牠叫氦（Helium）。距今約三十年後的一八九五年，拉姆等又發見空氣中還有氦、氖和氩等三元素之存在。其在空氣中的比例（容積）如下：

氫	氦	氖	氩	氪	氙
107	8,000	二四五,000	一二〇,000	一七〇,000	一七〇,000
} 分之一					

著者把近來讀過的有趣故事再寫一段在這裏吧。（我們的化學」雜誌第二卷四六一頁）一八三〇年，德國化學家味勒，分析墨西哥的一種鉛礦，推定這礦中有新元素的存在。但他不幸患病，沒有完成他的研究，不久有化學家塞夫斯德朗者發見曾經味勒推定的這一

元素，把牠發表了。這就是叫「鈇」的元素。味勒失去了發見新元素的名譽，失望之餘，把研究材料寄給他的恩師柏濟力阿斯，馬上接到了他的回信，這是一封寫來安慰他的學生的很有趣味的信。

「在北邊極遠的地方，有一位叫做「鈇」的美麗的女神。一天來了一個敲這女神的門的人，女神因為身子很疲乏，懶去開門，結果那敲門的人，就轉身回去了。女神爲着想看那敲門的人是誰，就到窗口去看，見是味勒。過後不久又有一個敲門的人來了。因這次是很熱心地，激烈地敲了好久時候，女神祇好把門開了。這個人就是塞夫斯德朗。他終於把「鈇」發見了。」

在這封先生給學生的信上，不是有很誠懇的教訓，而且很有趣味嗎？這封信上寫着「鈇」是美麗的女神，但實在牠是斯康狄拉維亞的惡魔。「發見一個元素，真得如這封信上所說的一樣，要有周到的觀察和不屈不撓的毅力。」

其三

拉瓦錫及其共事者對於化學所作的貢獻，是給元素命名和把他們分類的工作。他把元素大體上分爲金屬元素和非金屬元素，後來更明確地區分爲二，在他那時代所知道的元素，約有三十種。直到柏濟阿斯時代，大約增到了五十種。

劃分元素爲金屬和非金屬兩種的方法，現在已普遍的爲教科書和參考書所採用，看去好像很簡便，但決不是很嚴正的。不過金屬大抵有金屬光澤，有延展性，是熱和電的良好導體，而非金屬是不具有這樣的性質的。就化學的性質說，金屬呢，牠的氧化物主要的，是作鹽基，非金屬的氧化物，主要的是生酸。在許多元素中，也有還不明白列在那一種類爲好的。

若想嚴密地把元素分類時，得尋出存在於元素之物理的，化學的諸性質，和其原子量之間的一個「難於動搖的」關係。各種元素的原子量之間，具有某種顯明的關係是古來的學者所公認的。在距今百年前的一八一七年德國化學家杜蒲拉耐倡言鐳原子量的近似值，可

從鈣的原子量和鋇的原子量之和以二除之得出。其後經了十二年，纔提出了另一個例。這三種元素叫做「鹼土金屬」。化學的性質，是很相似的，現表列於下

第四表

元素名	原	子	量
鋇	約八八		
鈣	約四〇		
鋇	約一三七		
		平均約八八	

又在下列的鹼金屬的三元素間也能看出同樣的關係。即

第五表

元素名	原	子	量
鈉	約二二		
鋰	約七		
鉀	約三七		
		平均二二	

其他從略，以彼此性質很類似的三種元素為一組，而有以上那樣的關係的，就叫牠做「杜蒲拉耐的三素組」。這是很有趣的。其他的學者們，雖都拼命研究過，但僅這幾個例子，併非全部元素，都是這樣的。

其後隔了三十年到了二八五九年，法國化學家仲馬又發表了很有趣味的原子量間的數的關係。下列的例子，是叫「氟族元素」，是彼此有相似性質的元素。

第六表

名稱	數	的	關	係	原子重
氟	19.....				|| 19
氯	19 + (1 × 16.5) .....				|| 35.5
溴	19 + (2 × 16.5) + (1 × 28).....				|| 80
碘	19 + (2 × 16.5) + (2 × 28) + 19.....				|| 127

又下列的例子是「氮族元素」這是性質相同的五元素間的關係。

第七表

名稱	數	的	關	係	原子量
氮	14.....				|| 14
磷	14+17.....				|| 31
砷	14+17+(1×44).....				|| 75
銻	14+17+(2×44).....				|| 119
銻	14+17+(4×44).....				|| 207

這也是很有趣的了。但不能把全部元素像「三個一組」的那樣，都聯成那種關係，結果由這一些得不出可以貫通全部元素的法則。

其四

從此過了幾年，有個和康尼薩羅同時代的英國人牛蘭茲，提出了關於原子量和化學性質的關係的重大法則。在一八六五年，他還是一個在學術界不知名底二十八歲青年化學家，但他在「化學新聞」的雜誌上發表了下面那樣的文章。說

「把元素接着牠們的原子量的順序排列起來，像第八個元素和第一個元素，第九個元素和第二個元素的一樣，每隔七個就得出化學性質相似的元素來。正像樂器的調子，在第八個低音鍵再重複一遍似的。」

他就命這叫「Octave 法則」。第二年他在倫敦化學會演講這法則時，那時代的化學家們，但一點不注意牠的重大的發見，還譏笑他說

與其照原子量的順序去排列，還不如把元素名稱的第一個字母照 α β γ 的順序去排列更來得便當。

但當時的化學家中，有誰會想到二十一年後，英國的皇家學會爲着這一大發見，而以台維獎章來表彰牛蘭茲呢。

其五

在牛蘭慈發表了「Oxide法則」的四年後，由俄國的化學家門德烈夫發表了一種法則，比牛蘭慈更完全地表明了元素的性質和其原子量的關係。這就是週期律。門德烈夫在一八三四年生於西伯利亞的多波爾斯克地方，是該地中學校長的第十四位公子。又是最小的。生後不久，因父親的眼睛瞎了，母親在多波爾斯克的附近，經營玻璃工場，由他的收入支持一家用度。他在十五歲時，就隨着母親到俄國首都，進聖彼得堡大學，研究化學。後又留學法國和德國，一八六六年，他三十四歲，就任聖彼得堡大學的教授，做了許多有價值的研究。其中最著名的，是元素的週期律。他死在一九〇七年，一月三十一日。相傳當時俄國皇帝爲了安慰他的夫人，下了一道聖諭說：

「俄國失去了牠的最大的兒子。」

他的週期律，曾在一八八九年六月四日在英國皇家研究所開的「法拉第的紀念講演」

的化學講演會上很詳細地說過。那記錄在他的《化學原論》(The Principle of chemistry)的第二卷末的第二十頁上。關於這法則現在不能很詳細地說出來，著者把他作一個一望而知能概括其全般的圖面。在這裏請先看第八表。這是牛蘭慈的「Octave」的表。這是牛蘭慈發表的原狀，表中黑點，是故意隱着的地方，爲的是不擾亂讀者的理解。表出的元素，都是諸君很熟習的。

第八表

第 III 族	第 IV 族	第 V 族	第 VI 族	第 VII 族
Be	B	C	N	O
Mg	Ae	Si	P	S
Ca	•	•	•	•
•	•	•	As	Se
Sr	•	••	••	••
•	•	Sn	Sb	Te
Ba	•	•	•	••
•	•	Pb	Bi	•

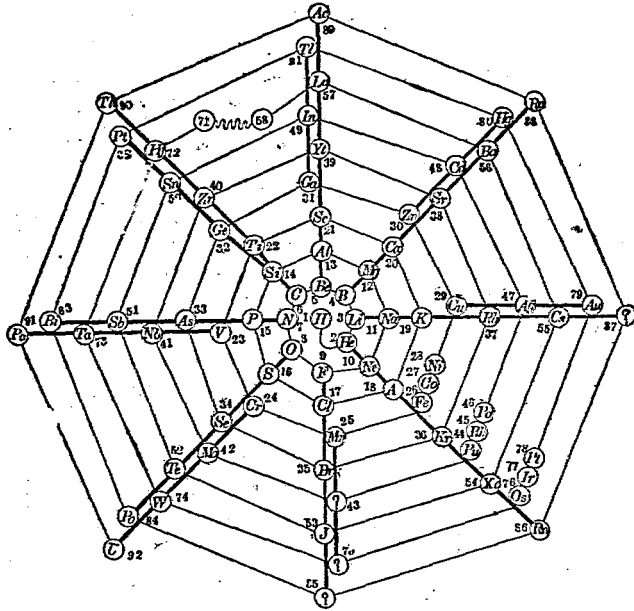
元素的發見和週期律

第 I 族	H	第 II 族	Li
	F		Na
	Cl		K
	..		•
	Br		Rb
	•		•
	I		Cs
	•		•

首先從第一族為始，把元素照順序從原子量輕的起排列起來。這麼一來，第八號的元素又回到第一族。這樣歸入同族的元素，都是性質相似的，這就是牛蘭慈的「Octave法則」。門德烈夫的週期律表，是比牛蘭慈的表更整然有序。因其在化學教科書和參攷書中是必載的。所以在這裏沒有重述的必要。到了門德烈夫以後的時代，第三表所示空氣中稀少的元素，纔被發見，這些也是一樣無力的東西，從不和其他元素化合。因此把我們編在新設的第 0 族內，表就更完全了。起先從第 0 族到第 7 族隔八個元素而有性質相似的元素，但不久發現了第八族，就成了隔十六個元素而有性質類似的元素出現。氫是最輕的元素，是和任何族的元素，也是不相似的特殊的东西，因此沒有適當的位置。明白了這點，就可以看第二十三圖的「元素的週期圖」。此圖是像無線電的空中線似的畫出來的，氫的位置，正在中央。從此照着氫的元素的順序，團團地轉去，轉到第九十二號最重的元素鈾為止。圖中用黑線連着的元

圖 三 十 二 第

元素的發見和週期表



期 週 的 素 元

素，都是彼此性質相類似的。圖中從第五十八到七十一的十四種元素，叫做「稀土類元素」都羣集在這兒。看了這個圖對於自然的組織何等嚴整，祇有愈加驚服了。從來說「簡單是真理的記號。」但我們看見自然，似乎有時會開起頑笑來，在單純之處與以變化，以增加真

味，這不是很有趣的事嗎？圖中附有問號，「的元素中，如位於第二十五號錳下的，第四十三號和其下第七十五號兩種元素，是最近（一九二九年）發見的鐳和銻。以下還有兩個？」這兩種元素還沒有發見。門德列夫發表週期律表時，第二十一號，第三十一號和第三十二號元素，也還沒有發見的，但門德列夫，就命之為「假硼」「假鋁」和「假硅」，並且預言了牠們的性質。果然在四年後，「假鋁」由波瓦波德朗氏發見了，命名「鋷」；八年後，「假硼」由厄爾生氏發見了命名「錯」；又在十五年後，「假硅」由溫克勤氏發見了，命名「錯」。門德列夫所預言的諸性質，與實物的性質相吻合，由下表可以證明。

第九表

元素名	原子量		比重
	預言	實際	
錯	四四	四四·一	★三·五
			★三·八〇

鎳	鎳
六八	六九·九
七二	七二·五
五·五	五·九
五·四七	五·九三

★注意：錯的比重是氧化物的比重。

這證明週期律是正確的，且具有極重大的價值。可見科學家底預言的正確，簡直可以說是料事如神了。

第九章 溶液論的今昔

其一

像在本故事中說過的一樣，我們若追懷遠古的時候，可知近代的科學思想，是怎樣從古人狹小的經驗和幼稚的企圖中產生出來的。就在現代，把種種物質溶解於水，弄成溶液的形態來使用這事，在實驗化學時，不用說，就在我們日常的家庭生活中，也幾乎是無意識地實

行着的事體。在古人以長時間的注意和興味，處理這溶液，應該是當然的事。就在許多神話——述世界的創成的——中，也都說世界是從最大的水塊進化而成的。例如印度神話相傳此水是一種溶液，我們地球是從牠結晶而成的。到後來希臘的泰利斯就倡以水為萬有的根源之說，自然這種思想，一定是從化學的發源地的古代埃及得來的。又恩柏多克利的四元素說，其來源，也是從埃及。他的學說，後來由柏拉圖和亞里士多德繼承。在柏拉圖著的 *Timaeos* 中說

『水凝結為石和土，分散為風和空氣。被灼熱了的空氣就成爲火。又這些東西凝結或是消散時重複歸於空氣的形態，再成霧，這集合起來或成水。最後由水化成岩石和土。』

在古人看來，水化爲水蒸氣，水蒸氣還原爲水。這種現象，和溶液結晶而爲固體的物質，同樣引起了古人的注意，根據這些見解，建立了他們的學說。

液體狀態，是最便於起化學作用的狀態，這古代人也非常明白。從中世紀到十七世紀的化學家們，也沒有拋棄這種見解。在十五世紀的初葉，愛沙克賀蘭杜斯在他的記錄中說：

「哲學家採取了自然所給的方向。當他們把一切物質，施以化學的技術時，首先要牠變形爲水。」（卽是溶解於水的意思）

在十七世紀，赫爾孟德也提出了相似的一段話說：

「水是唯一的根本物質。一切物質都變形爲水。」

這「變形爲水」的說法，也許是很可笑的吧，但把砂糖一匙投在水中，一經溶化，就已經看不見砂糖了。這也許是砂糖化爲了水吧。若祇要這樣想一想就成了。就是那竭力攻擊四元素說被稱爲近代化學之父的波義爾，在他著的懷疑的化學家中，也說「水也許是能變形爲一切元素的吧。」照這樣看來，這種思想之根深蒂固，真使人吃驚。

其二

由鍊金學者們積年累月的經驗，得出了「物質若不把牠溶化，就彼此不起化學作用」的結論。隨後出來的賢明的化學家范特荷夫，實際的證明了物質被溶解時，其化學變化比不被

溶解時起得更有規則。

今設有像食鹽或是砂糖這樣的東西，溶解於水時，被溶解的那些物質叫做溶質，而溶解牠們的水，叫做溶媒。數世紀以前，化學上的大問題，是發見具有溶解一切物質之力的溶媒。在十六世紀，巴拉塞爾斯把這空想的溶媒，叫做 *Alcaes*（萬物溶化藥）。許多的鍊金學者，苦心研究牠的製法，費盡了無窮滑稽的力量。在十七世紀，化學實驗家孔克爾嘲笑他們說：「在發見萬物溶化藥之先，首先的急務，是發見不被牠溶化的容器。不然，怎麼樣來使用萬物溶化藥呢？」這是非常痛切的諷刺。當著者在小學生的時代，聽說有溶化玻璃的氟化氫，很吃了一驚。不論什麼藥品，都能放在玻璃瓶子裏擺起來，祇有氟化氫的水溶液，不能放在玻璃瓶裏，因為若是把牠放進去，玻璃瓶就會被牠溶化掉，所以把牠放在用和橡膠極相似的加達培沙（*Gutta-Percha*，是馬萊羣島所產赤鐵科樹之凝液）製成的瓶子裏。萬物溶化藥，可是和氟化氫不能比較的，因為萬物溶化藥是具有溶化任何物質的——所有一切物質的偉力的東西。當然沒有裝牠的容器。若是有了就不合「溶化一切物質」的最初條件。早已不是「萬物溶化

藥」了。孔克爾先生的諷刺，可不是很巧妙地喝破了當時的學者迷夢，使他們體無完膚嗎？這且擱下不說，問題就在食鹽和砂糖，何以能溶解於水呢？故事就得向解決這一個難題的方向前進。

在二千五百年前的昔日，自德摩克里達斯提倡他的原子說以來，原子一語，被許多人們應用於種種現象的說明了。但在已經把新意義的「原子」和「分子」的觀念闡明了的今日，不應在這裏再提出古代的原子來，使諸君混亂。因此我想姑且使用「粒子」一語。柏拉圖說：

「一種物質的粒子，可以跑進別一物質的粒子和粒子間的空隙中去。」

到了十七世紀有一個叫嘉遜治的學者，把柏拉圖的話，很有趣地更加修飾而成下面的議論。

「所謂溶解，是指溶質底粒子，走進溶媒底粒子間的空隙。試從食鹽的結晶是正立方形體着想，可知食鹽的粒子，一定也是四角形。可是水的粒子互相重合之間，恰生出四角的空間，於是食鹽的粒子，就跑到那裏面去了。這樣的四角的孔隙，全部給食鹽的粒子填塞

了之後，食鹽就不再溶化了。就是被飽和了。」

此說由波義爾所採用，又編入從十七世紀到十八世紀流行了百年間當時最高級的教科書尼古拉勒美利著的化學綱要中。此書初版在一六七五年，末版在一七五六年，實出版了八十一年之久。這就可以知道此書的聲價了。此書很有趣的說明金屬溶化在酸中的事實。照他的說明酸（例如鹽）的粒子，是非常銳利的，其端很尖，像開掘隧道時用的鑿岩機一樣的猛烈地轉動，很容易地侵入金屬之中，把固結着的金屬粒子紛紛的向液中飛散。我們試把酸點在舌上，其所以發顫，就因酸的粒子的尖端，刺激舌頭的關係。

在這兒請諸君注意的，是食鹽和砂糖之溶化於水，和金屬之溶化在酸類中雖頗相似，但在其本質上是有很大的差異的。那是把製成的溶液煮發起來，前者重復還原為食鹽和砂糖，反之，後者就不能得出金屬，祇能說得出了由金屬和酸的化合而成的鹽類的結晶。但是以上的理論，不待說，是不圓滿的。正當這個時候，大物理學家牛頓的萬有引力的發見，在科學界掀起了很大的反響。他說作用於天體間的萬有引力，也能適用於兩種物質的化合和溶解的時

候，食鹽或是砂糖的粒子，自己相互間的吸引力小於水的粒子間的引力時，牠們就溶化在水中。他又說：

「溶化的物質的粒子，恰像牠們互相被賦以相斥力一樣，牠們在波中是互相分離的。」這暗示了第四節所說的滲透壓是很重要的思想。

其三

純粹的開始冰凍時的溫度，恰在攝氏寒暑表的零度，這是很熟知的事。又酸和醫油，在零度還很不容易凍，也是一般週知的常識。道爾頓的「化學的新系統」第一卷，出版是一八〇八年。在距此二十年以前（一七八八年），大化學家卡文狄士的助手布拉格登，注意到以上的事實，他把鹽類和酸類及其他種種物質溶在水中，實驗其冰點比零度低幾度。其結果證明多量的物質，溶解在一定量的水中，越溶解，冰點就越低。即冰點降低度，與溶質的量成正比例而增加。

距此七十二年後，(一八六一年)有一個叫呂杜夫的化學家，并不知道布拉格登的實驗，他同樣的做了許多測定的結果，達到了完全同一的結論。又過了二十二年(一八八三年)，法國化學家羅爾研究了許多有機化合物的水溶液底冰點降下的結果，提出了一篇論文。照他說，把「摩爾」的有機物，溶化在一〇〇克的水中時，不管是那一種有機物，其冰點都是在零度下十八度。

這裏關於一摩爾的量，得加以說明。在第七章第三節中曾列表示數種氣體的分子量。現在這裏再把牠列出來吧。

氣體名	分子量
氫	二・〇
氮	二八・〇
氧	三二・〇
二氧化碳	四四・〇

已經說過的，上列各數都是不名數。單指這分子量的克數，就叫做一摩爾 (Mol)。可怪的，是在溫度零度，壓力一氣壓之下，一摩爾的氣體，都含有二二·四呎的容積。即：

氫	二克	}	都是等於二二·四呎
氮	.....	二八克	
氧	.....	三二克	
二氧化碳	.....	四四克	

因為阿佛加特羅闡明了「在同溫度，同壓力之下，凡同容積的氣體，是含有同數的分子，」由以上的理由，可知一摩爾的氣體，都是從同數分子產生。非氣體的物質一摩爾也是那樣的嗎？羅爾教授以為：

「把重一摩爾的種種有機物，溶解在一〇〇克的水中時，不論物質的種類如何，其冰點都在同一程度降下。這是分子共同作這樣的活動吧。這樣看來，問題祇在分子的數目了。」

說到這裏，諸君一定可要相信一切物質的一摩爾，和氣體一樣，都是由同數分子而成的。但不幸在這裏發生了一個困難。羅爾的繼續的研究，漸接解這個事實。即溶解有機物一摩爾於一〇〇克的水中時，其冰點平均為零度下十八度，而把無機化合物一摩爾溶解的時候，在當此兩倍的零度三十六度的附近結冰。請看下表：

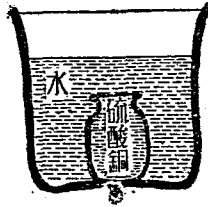
無機物		有機物		物 質	水點降下度
硝酸	食鹽	尿素	砂糖		
三六·八	三六·〇	一八·七	一八·六		

這個難問，祇好讓牠「缺疑」。

其四

讓互相不起化學作用的兩種氣體相接觸，終至全部在相混合為一體，例如把盛有密度很小的氣體（如氫）的瓶子，倒轉來疊在盛着密度很大的氣體（如空氣）的瓶子上，的時候，牠們也毫無障礙地交通着。即空氣雖重仍向上昇，而輕氣雖輕，還是下降，都平均地混合了。

第二十四圖



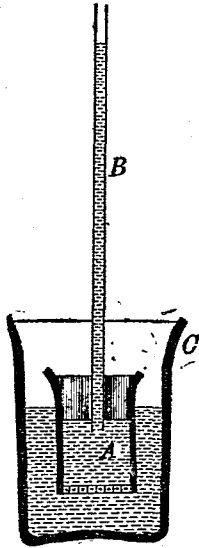
又可以互相混合的兩種液體，雖隔着一層，經過多少時候，就互相混合了。像二十四圖所示，把硫酸銅的青色水溶液，注滿廣口瓶，放在大的玻璃盆底，徐徐注水，這麼一來，起先瓶中的青色液，和水分出顯然的兩層，經過數日後，兩種液體的境界，模糊不明，終於完全地混合了。不論氣體或液體，這種現象都叫做擴散。為什麼會發生這樣的現象呢？因為氣體和液體，是想儘量地佔領廣大的場所。諸君試記起在第二節末了所寫的牛頓話吧。十八世紀中葉，法國學者，阿貝羅勒氏用膀胱膜，蒙着注滿了酒精的瓶口，把牠沉在水中，觀察到水透過膀胱膜，侵進的瓶中，以致膜向水那方膨脹。請看第二十五圖吧。和這相類似的現象，直到十九世紀半，還是為許多博物學家所注意。即使把溶液和水的境

圖五十二第



界，用透過水而不透過液質分子的膜隔開，膜就被溶液推向水那方面。一八六七年，德國學者德洛柏，費盡苦心，想發明絕對不透過液質的膜，終於沒有成功，直到十年後纔由德國植物學家費佛把他完成。用這種膜能做出下面那樣有趣的實驗。

圖六十二第



現在作第二十六圖那樣的裝置，A的底部是用膜製成的，在其上密接的，安上細長的玻璃管B。把砂糖的溶液注滿A中。其次把A沉在放了水的容器C中。於是C中的水透過膜浸進A內。A內的砂糖溶液，因其容積增加，上升到玻璃管B中。爲什麼會起這樣奇妙的現象呢？這是因爲不能通過膜的砂糖分子，充滿飛散在A內，恰像氣體一樣。氣體這東西，像第二章說過的一樣，是具有很奇的

怪的性质，即不論怎樣小的容器內，也可以關閉得住，又能把多大的容器，整個地充塞。這因為氣體分子，祇要在可能的情形之下，牠們彼此就要分離到任何遠底距離去，這就由前述的牛頓的話，也可以明白的吧。有名的物理學家，普郎克曾有過下述的經驗，即是把裝滿輕氣於密閉着的白金管把他赤熱時，輕氣全部向外面逃散而成爲真空。這因赤熱的白金，有極易通過氫分子的性質，最初不得已被關進去的輕氣，因白金管所能通過牠的分子，牠就以向無限的廣大的空間擴散，而逃出去了。

就是在水中擴散的溶質分子，也是這樣的。溶液裝在容器中時，那些分子，祇好分佈在被給與的水中，別無他法。但一旦隔膜與水相接，牠就以擴散到向比現在更廣大的容積的水中去的企圖，透過膜而走向相接的水中去。可是不幸，膜的孔比起分子的大小來，要纖細得多，所以走不過去。結果祇有通過膜，把在那面的水，向自己這邊吸收進來。所以這膜給溶質分子強烈地壓向外方。這時膜所受的壓力，叫做滲透壓。最初成爲問題的物質溶解在這裏纔得到解決。其理由不外是這樣，現在有一砂糖或食鹽一匙，溶解在水中時，比讓其作固體狀時，更擴散

到比現在更大的容積中去。

其五

費佛既發明完全的膜，就着手實驗，以研究砂糖溶液的滲透壓。得到了放在 A 中的砂糖溶液越濃，其滲透壓就越大的結論。到了距此七年後（一八八四年），荷蘭植物學家德普里斯發表了一個重大的結果，即溶有機物一摩爾的溶液，不問有機物的種類如何，都生同一的滲透壓的重大結論。他寫信給他的朋友同一荷蘭化學家范特荷夫，請他告訴他費佛氏實驗的滲透壓的本性。是怎麼回事。

荷夫在一八五二年，生於荷蘭的羅德爾當地方，是一個醫生的兒子。初在波昂大學，從有名的有機化學大家克庫勒研究化學。二十二歲得學位，二十六歲就擔任了亞姆斯德丹大學的教授。四十三歲時遷到柏林大學從事理論化學的研究。他晚年患有肺病，在一九一一年，終於沉河難起，長逝於柏林郊外。在一九〇一年，獲得光榮的諾貝爾獎金的第一次化學獎金的

人，就是范特荷夫。

他既接受了德普里斯的委托，就想擴散在水中的溶質分子不是正和氣體的分子作同樣的活動嗎？於是他試作一簡單的計算：

「費佛是把砂糖一摩爾（三四·一克）溶在三四·二呎的水中，在六·八度的溫度下，測得了牠的滲透壓。現在一摩爾的氣體，在六·八度的溫度，有三四·二呎的容積時，其氣體所呈的壓力，應該是五〇八樞，但是費佛氏測得的砂糖溶液的滲透壓呢？那是五〇八樞。哦，這是多麼奇怪的一致啊！」

范特荷夫終於高奏凱歌，並且宣言說：

「擴散在水中的溶質分子，和以同數分子擴散於與牠同一容積中的氣體，是呈現同一的壓力。因此阿佛加德羅的法則，也能很正確地適用於溶液。所以在同溫度下，呈現同一滲透壓的同容積的溶液中，不論是砂糖，是酒精，都擴散着同數的分子。」

說到這裏，想諸君一定要相信一切物質的一摩爾和氣體同樣的，都是由同數分子而成

吧。可是不幸因為德普里斯的繼續的研究，明白了一摩爾的食鹽（無機物）所生的滲透壓，是一摩爾的砂糖（有機物）所生的滲透壓的兩倍，所以在這裏又發生了一個困難。那和溶液的冰點降下時完全一樣。這些不可解的問題，該怎樣地去解決呢？在這裏我就不能不介紹一位偉大的化學家，法拉第用電解的神祕，纔把這些難問和在第五章中保留着不曾解決的問題，都一齊引到光明之路。

第十章 電離說的出現

其一

在物質和物質之間，為什麼發生化學變化呢？關於這個疑問在西曆紀元前就經人解釋過了。照他們說，在物質間也和人與人之間一樣，有所謂「愛」與「憎」彼此互相「愛」的物質，容易化合而作成新的物質；反之，含有「憎」的物質之間，不發生化學變化。物理學牛頓，在一七〇

一年出版他的光學一書中說：物質間所起的化合的原因，在作用於很近的距離的物質的粒子間的引力。他在舉出種種化學變化的實例之後，他說：

「由作用於天體間的引力，以有那樣偉大的天體運動；又物質間的化學現象之由作用於物質的小粒子間的引力或反撥力而起，因此知道自然界從大至小都是很相似的。」

可是排斥「愛」哪，「憎」哪，這樣非科學的言詞而最初主張物質間所起的化學變化是根源於一種「親和力」的，是荷蘭人柏爾哈維氏。這種「親和力」是存在於化學界相異的物質間的力。這意義可由牛頓再把牠闡明。因為照牛頓的意見，所謂「親和力」者，是物質粒子在非常相近的距離，互相作用的引力的結合。

柏爾哈維是後波義爾氏四十年的時代的人，他是一個僧侶的兒子。在一六六八年，生在荷蘭國萊頓的附近。最初是隨從父親入教會，中途轉學醫生，終於做了萊頓大學的醫學教授。他在教育界的名聲，當時風靡了全歐。就在化學界也是傑出的人物，可驚嘆的他的忍耐力很堅強。即他爲了要證明鍊金術的哲理，甚至費十五年的工夫，把水銀放在無口的容器中加熱，

終於證明了牠的錯誤，又以同樣的目的，前後把水銀蒸溜過八百七十七回，曉得了這些事實，誰也不能不佩服他的毅力之偉大。

然則這「親和力」究竟是什麼東西呢？許多鍊金學者都注意到某種物質被別種物質趕逐出來的事實。到了十七世紀，格蘭伯述及「使C物質作用於A B兩物質的化合物(AB)時，B被逐出及生出的(AC)化合物，再使D物質作用之，則C被逐出而成(AD)的化合物。」即是說B、C和D數種物質，誰都對於A物質有着「愛」。可是這些物質，對於A的愛的強度，並不一樣，而有大小強弱之別。換句話說，即是「親和力」有強弱，對於A有最強的「親和力」的，就能從和A結合的B、C中，把A奪出來和牠結合。比方把鋅片放在鹽酸中，則鋅片溶化發生輕氣。鹽酸本是氫和氯的化合物。及至鋅片一來，就把輕氣趕走，自和氯結合而成爲二氯化鋅的化合物。

一七二八年，法國化學家赫弗拉（和柏爾哈維是同時代的人）作有「親和力」的表。把他的表全部抄出來，沒有多大的好處。在這裏祇有抄出牠對於硝酸的種種金屬的「親和力」。

第 二 十 七 圖

硝酸 (HNO_3)	
鐵 (Fe)	
銅 (Cu)	
鉛 (Pb)	
銀水 (Hg)	
銀 (Ag)	

赫弗拉的親和力表之一部

金屬，從硝酸和這些金屬的化合物中逐出去。這個順序，和現代電氣的研究的結果，大體一致。在教科書上，說明在金屬的離子化傾向的一章裏面。又這個表的事實可以簡單的實驗出來。因其不需要複雜的裝置，所以希望讀者自己去實驗看看。

實驗一：溶硫酸銅於水中，用磨得很快的刀浸入液中。這麼一來小刀就變成銅色。這是鐵溶化了，就反對地生出銅來。

實驗二：把銅片或是銅絲磨光，浸入硝酸銀的溶液中，於是銅片變爲黑色。把他拿上來，用指頭稍微磨擦，就放出銀色的光彩。

實驗三：在昇汞的溶液中，放進磨過的銅幣，也變成黑色，取出來磨擦牠，就閃閃的放光，這是因爲有了水銀。

照以上的實驗，似乎對「親和力」一語，多少有一點明白起來了。但真的進一層去思攷時，祇不過是把「愛」和「憎」這樣的話稍變其形，不能說是怎樣進步的，不無五十步與百步之感。在真正嚴密的立場說，本應從絢爛的現代的熱力學方面去計算他，加以數量的說明。但著者在這裏，沒有做那樣的運算的自由。

其三

學過電學初步的人，就知道電有兩種：一、是同類相斥，一、是異類相引。「親和力」從這個見地，可以得到進一步的解釋。柏濟力阿斯以爲「親和力」的基礎，是電性質的東西。即一切化學

現象，可認為都起於原子在電氣上具有正或負的性質。電的本質問題，姑置不論。今設某種元素的原子，含有正的性質，而別一種元素的原子，含有負的性質時，兩者由電的引力而起化合，於是作成新的化合物。這樣的思想，叫做電化兩元論。柏濟力阿斯，試以這種理論，說明一切的化學現象，一時佔了非常的勢力，但不幸因克古勒以後有機化學的大進步，發見此說和有機化學方面的事實不調和。柏濟力阿斯雖會不屈的為他的理論作防禦戰，也終歸無效；這電氣兩元論，終於被破棄了。但此說因現代物理學的發達，重複變形而復活於化學界了。這等到後面再說。

像前面所說那樣，我們很自然地可以想像由帶有正或負的電氣性質的原子的結合而成的新化合物，若從外部通以電流，一定可以再把牠分解為原來的兩種物質。在這裏，當我們要稱述那位把第九章中保留下來的兩個不可解的問題，和法拉第的電解的祕密，一舉而解決之阿累尼阿斯先生的功績之前，得再回溯到法拉第第一次。

法拉第在感應電流發見後第二年（一八三一年），他又確認由靜電、動電，或由感應而

生出的電，都和電池發出的電流，起同樣的化學作用。在一八三三年，他又開始電解的研究。他的「關於電的實驗研究」的第四篇，是用下述的文章做引子的。

「我之遭遇，基於從來不知道的電氣傳導底一般法則的種種現象，是在我關於還不會提到皇家學會的電解的研究的進展途中。這些現象，雖是妨害我取得研究着的條件，但這一時的失望，由其貢獻於電學的廣大的利益，已得着圓滿的補償了。」

於是他以說明他怎樣細心似的精緻的文筆，敘述他的研究事項，其大要如次：

「水的傳導電流，雖是很薄弱，但若把酸和食鹽溶化進去，牠的傳導力，就很顯著的加強。通以電流就起分解，作用被分解的物質，集合於電極。電流的傳導一起，分解也起了，分解停止，傳導也停止了。這是很明白而重大的事。在這傳導和分解之間，有什麼關係呢，恐怕分解是基於傳導，而傳導不必是起因於分解。」

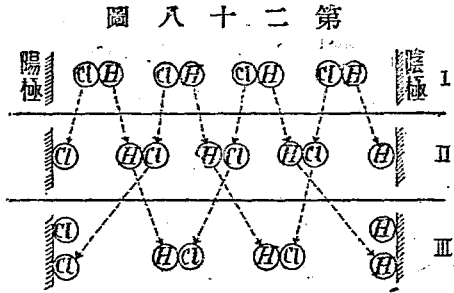
這第四篇是發表在一八三四年四月。他再繼續進行研究，把所得的結果，編成第五篇，發表於那年六月。在這篇裏他敘述克羅達斯和他的先生台維氏關於電極作用的見解。而加以

否定，發表他自己的見解，即是：

「克羅達斯在一八〇五年，很明白地敘述過關於由液體的電解，他認為電極，是具有引力和斥力的東西，他又以為陰電引氫而斥氯，反之，陽電引氯而斥氫。所以在構成鹽酸

這兩種原子中，氯是被吸向陽極，氫是被吸向陰極的。」

「台維把分解歸之於電極的吸引力。他想像電極的表面，具有非常的引力和斥力。這兩種力透過溶媒，從電的表面，傳達到每個粒子的吧。」



電離說的出現

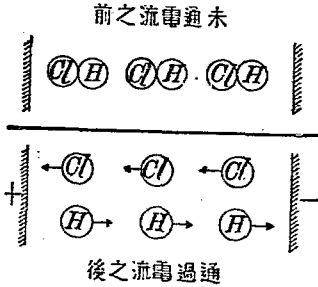
在這裏，有把克羅達斯所說的意味，大體說明一下的必要。第二十八圖上段，在陽極和陰極之間，排列有鹽酸分子。作Cl的是氯原子，作H的是氫原子，這兩種原子，以「親和力」而相結合。作(I)的第一個瞬間的樣子，作(II)的是第二個瞬間。最靠近陽極的鹽酸分子中的氫原子，被吸收到陽極，剩下的

氫原子，從鄰近的分子中，奪取氯原子而結合。順次地像這樣最後單獨剩下來的氫原子，就被吸到陰極了。再到(III)即第三瞬間，再重一遍，於是鹽酸被分解，氯集於陽極，氫集於陰極。這就是克羅達斯的學說。法拉第又接着說：

「但溶液之分解，而集合於電極，既非由於電極的引力，也非由於他的斥力。其理由是因爲電流作用，使前此強固地作用着的，「親和力」弛緩起來，溶解在液中的化合物，就分

爲兩部分，各自向着電流通過的方向及反對方向流動，所以就集中在各自的電極上。」

第 二 十 九 圖



這裏法拉第說的電流使構成化合物的兩物質的「親和力」弛緩而分離爲兩部的話，是很重要的意見。在前面第五章中，曾說過法拉第對於向電極那方行動的，給他「離子」的名稱，那就是指這個「親和力」被弛緩而分離了的各個離子。他的思想表示在第二十九圖。第五章所

說的離子和法拉第的法則，是在第七篇上，這是發表於一八三四年六月的。讀者須注意這離子的觀念，今後如何發展推移。

其四

像前回說的羅爾教授的研究，證明了在一〇〇克的水中，溶化了一摩爾砂糖的溶液，冰點下降到零下十八度，而一摩爾的食鹽，則冰點下降到砂糖的兩倍。又德普里斯的研究，證明了一摩爾的砂糖和一摩爾的食鹽溶液所呈的滲透壓，後者為前者的兩倍。但關於這兩個不可解的問題，我還沒有給以何等解決。這些不可解的疑雲，依阿累尼阿斯先生著的溶液論（第八八頁）說：

「……然而這可由電離說，而一舉肅清。」

他在距今七十年前，生在瑞典的威克的農家，是近代英名赫赫的化學家之一。一九二七年十月，著者從報上看見報告這位碩學家死耗的事，想起先生對於化學界偉大的貢獻，一時感慨

滿懷，不能自禁。那段記事是這樣的。

〔斯德哥爾摩聯合社三日電〕任諾貝爾研究所物理化學部部長首倡電解原理的理學界之泰斗瑞典阿累尼阿斯博士，三日在當地死去。享年六十八歲。博士在一八五九年生於瑞典的烏布薩拉附近。就學於烏布薩拉大學，一八六九年任斯德哥爾摩大學教授。一九〇三年，得諾貝爾獎金。一九〇五年以來，被任爲諾貝爾研究所部長。著述繁多。〕

〔電離說〕是在無論那一種化學教科書，及參攷書裏面，都要寫進去的，在現代化學家理論的廣大範圍中，擔任了重大任務的學說。阿累尼阿斯氏最初提出此說，還是他將在大學畢業的二十四歲的青年時代，法拉第說酸和鹽類的溶液，給他通過電流時，由其作用，化合物分離爲兩個離子。即在鹽酸的溶液中，其分子分爲氯和氫。食鹽的溶液中，其分子分離爲氯和鈉，但分離着的各個離子，和普通的氯、氫和鈉的原子不同，牠們是各有電荷的。氯荷陰電，氫和鈉荷陽電。若把電除去，纔成爲普通氣體狀的氯和氫，或成爲金屬狀的鈉。這就是電離說。阿累尼阿斯氏初發表此說時，很受人攻擊，在烏薩布拉大學都以一種嘲笑去歡迎他。

其理由，氯是帶淡黃色的氣體，有一種臭氣，實在是很劇烈地刺激咽喉的東西，又鈉是浸在煤油中保存的軟金屬，若取其一放在水中，牠就發火，在水上團團地飛跑，和水化合而成奇性曹達。因此在當時相當偉大的化學家說：

「假使食鹽在水中，分離為氯和鈉，其溶液應該有氯的臭氣。又鈉不是發着火在水上團團地飛跑嗎？」

這樣把他的提議，付之一笑。但這樣的事，是因為當時的化學家，不能了解原子和離子的區別，到了現在，像那樣的蠢東西，已經沒有了，在化學上牠已成了不少的主要的學說了。固然在初學化學的當兒，這離子的觀念，極難了解，却是事實。阿累尼阿斯氏的慧眼，由後來種種的實驗，得到證明。電解的祕密，和前說的兩個不可解的問題，也由此可以完全說明了。即因離子是帶電的原子。所以若在溶液中，插下兩個電極，通以電流，由陰陽相吸的理由，陰離子向陽極突進，附在原子上的電，和在電極上相反的電，中和起來，離子纔變成原子。若是氯則兩個原子相結合而形成分子，從溶液的表面，向空氣中散去。若是金屬的原子，就那樣附着電極的表面。假使

是銅的話，由電極上現出銅色，就可知道。若是像鈉那樣的金屬，就馬上和水起化合，在電極的附近，會生出苛性鈉。

這一離子在溶液中，和分子有同樣的資格。就食鹽的溶液說，因食鹽的分子，分離為兩個離子，顯然地一摩爾的食鹽在溶液中，相當於不分離為離子的砂糖那樣的有機化合物的兩摩爾。因此食鹽一摩爾之呈現，為砂糖一摩爾所呈的冰點降下及滲透壓的兩倍，可以說是當然的，用不着什麼奇怪。因此不妨說：任何物質一摩爾，都是由同數的分子而成。然則一摩爾是由幾個分子組成的呢？關於這個問題，待下章去說吧。現再進一層想。離子所具有的電的本體是什麼呢？為什麼會有電呢？這些問題都會慢慢地明白起來的。

如前面赫弗爾的「親和力」表所示。把銅片浸進硝酸銀的溶液中，硝酸離子，就相當於女性。把銅片浸進這溶液中，銅為的想做這女性的配偶。而溶化到液中去。但為着這緣故，銅原子，不能不帶有陽電，而且要取得陽電，除了奪取銀離子所帶的以外，是別無他法的。這樣看起來，銅之能不能溶解於液中，是繫於銅原子的能不能奪取銀離子所有的電。在這時候，銅原子是

能這樣做的。銀既被奪去了電，就己沒有停留在溶液中的資格，所以在銅片的表面上出現了牠的姿態。實在就是在原子的世界也和人類世界一樣，是優勝劣敗的修羅場。

第十一章 原子和分子的大小

其一

「現象法則的學習者，不僅要求得知識，還要突進自然界，開闢一條新進路，必要時能把他的意志作用於自然，併洞察未來的那些經過。他在迷信時代，實具有預言家式巫師似的魔力。」——韓荷芝

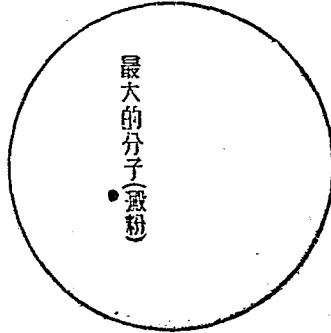
早上坐在當陽光的廊簷下，享受太陽光的時候，我們時常看到有一條光帶射進屋子裏來，在那條光帶中，有無數的塵埃浮遊着。這塵埃在光帶以外的部分看不見，又跑到門外去，那些塵埃影子，却又從我們的視界裏消失了。

最初研究這種現象的人，是有名的英吉利物理學家丁鐸爾氏，所以就名叫丁鐸爾現象。他是在英國皇家研究所，繼承了法拉第的後任的有名的人，但並非說這種現象，是他最初發見的。在太古時候，希臘的哲人們提倡原子說時，其中已包含「原子是經常不斷地運動着的」思想。這種思想，相傳是哲人們觀察在光帶中運動的微塵而得。

丁鐸爾現象，原來由雷烈爵士的研究，纔進到理論方面。這原因是光與浮游着的微塵相衝突而使之分散。若想把這點觀察得更明瞭，可向暗室內先穿一小孔，使光綫從外面流進來。若暗室內的空氣，絕對不含微塵，就沒有分散光綫的東西，因此要知道光綫通過什麼地方，是不可能的。但就是純粹的液體和溶液，若放在暗室從細孔引進光綫通過其中時，因為有極少的微塵，浮游在液體中，所以生出丁鐸爾現象。要作出完全不生這種現象的澄清的液體，很不容易。其理由因為不能避免從接近液體的空氣中混進的微塵。所以用普通的方法，是完全不可能的。

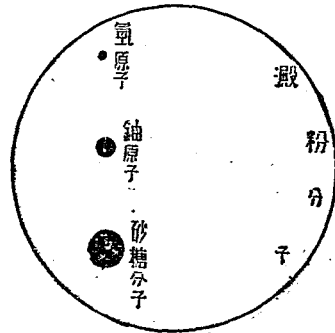
大凡我們所能認識的物體的大小，是有一定限度的，任用何等高度底顯微鏡，也不能觀

圖 十 三 第



大之子粒的小最見看鏡微顯的度最高最用

圖 一 十 三 第



能看見的
顯微鏡所
最高度的
現在把用
小的物體。
能顯出的
察比牠所

粒子,和擬為最大的澱粉分子的比較的大小指明出來如第三十圖。第三十一圖示澱粉分子對於最小的氫原子,和最大的鈾原子或砂糖分子的相對的大小。這些都用球狀來表示,實際牠們也許不是球狀。但為着便於計算,假定為球狀。看了這兩個圖的時候,知道我們所說的原子和分子,是怎樣出乎意想之外的微細的東西。也許要大吃一驚吧。要計算這樣微細的物質的大小,到底不是可以用普通長度的單位的。正和在天文學上,用一光年做單位來表示距離

一樣。這裏就用 λ 表長度的單位， λ 是一種的千分之一，又 λ 的千分之一計為 μ 。因為光的波長，大約是從 8000μ 到 4000μ 的範圍，分子的直徑，是一 μ 的十分之一的程度；所以就分子的大小看起來，光的波長，約一 1000 倍上下的長。我們的肉眼所認不出的空氣中的微塵，在使牠起丁鐸爾現象時，可以很清楚地進到我們的視界。那末難道不可以丁鐸爾現象之巧妙的應用，把上述顯微鏡也看不出的微粒子認識出來嗎？這個企圖，畢竟給化學家濟格孟狄完成了。

其二

把互相不起化學作用的兩種氣體或液體，放在一塊兒時，終於全部均勻地混合起來的現象，已在本書第九章中說過了。開始就種種物質，研究這個現象即擴散現象的，是英國的化學家格良謨。他在一八〇五年（在法拉第生後十四年）生於英國的格拉斯科地方。父親想使他做牧師，但他對於化學，具有莫大的興味，不能遂他父親的希望，而決心以其一生獻諸化

學，他的父親很生氣，強迫他服從他的意志，但是終於無效。於是他被逐離家，逃到愛丁堡，在那裏學習化學，就做了勞動者講習所的化學講師。在一八三五年，終於任倫敦大學的化學教授。後來又被委任為造幣廠廠長。在一八六九年，他病死在英京倫敦的私宅。

格良謨是關於擴散現象作過有條理的研究的第一人。他把溶液注在廣口瓶的稍下層，而輕輕地把純水，加齊瓶口，把牠放進圓筒裏，再用純水把牠整個的包圍着（參看第九章的第二十四圖）。在相當的時間後，測定從廣口瓶中，向外部水中擴散的溶質的分量。結果，他發見了「擴散的速度，是由物質而各有不同的，同一物質時，其溶液最初的濃度大，則擴散的速度，也隨着增加。」他在攝氏寒暑表十度，測定各種物質，以同一程度擴散的時間的比例，得出下列各值。

溶質	時間之比
鹽酸	一
砂糖	七

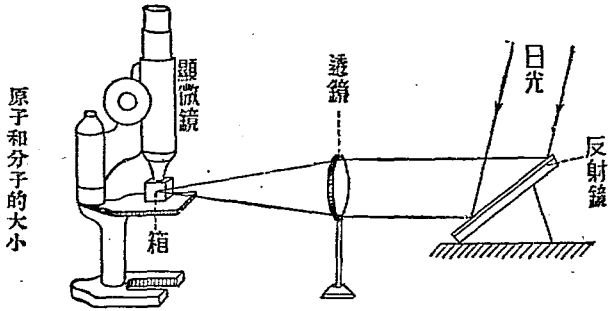
原子和分子的大小

牛奶糖	硫酸錳	七
	蛋白質	四九
		九八

並且發見膠樣物質的擴散速度很小。於是格良謨的結論說：「能得出結晶體的物質，有大的擴散力，反之膠狀的物質，祇有小的擴散力。」而稱前者為晶質，後者為膠質。自此以後，關於膠質的研究，漸漸地隆盛，而誕生叫膠質化學的一種新的化學。現在所謂 Colloid 化學，格良謨就算是這一種化學的始祖。但一說，意大利的法郎西斯科塞拉密從事這方面的研究，比格良謨早。這且不要說牠。我須注意的，是格良謨認為晶質和膠質，是根本不同的物質，但這見解是錯誤的。現在膠質也沒有一定認為是石花菜和洋菜似的無定形的東西，像黃金的膠質之類，恐怕是結晶質的東西吧。

像上述的石花菜，洋菜，或蛋白那樣的東西之溶化在水中的，就叫做膠質溶液。這有兩種。一是浮遊在液體中的微粒子，是固體的。一是液體的。比方像金的膠質（作紅寶石似的顏色）。

圖二十三第



鏡微顯外度的計設時當

原子和分子的大小

浮遊的金粒子，漸漸大起來。就從赤色，變成紫色。

成的溶液，是屬於後者。這些粒子的直徑，大概是在 0.1 μ 至 5 μ 的範圍之內，比他更小的粒子，就是所謂「分子」。這膠質溶液中的微粒子，是不能用顯微鏡觀察的。

其二

德國化學家齊格孟狄教授，由丁鐸爾現象的巧妙底應用，終於使不能用顯微鏡看見的膠質粒子，呈現到我們視界。這就是度外顯微鏡的發明。第三十二圖所示的，是一九〇〇年齊格孟狄所設計用於膠質的研究度外顯微鏡的裝置。在圖上所示的顯微鏡，

是普通的顯微鏡，在其對物鏡下面攔着的，是注有膠質溶液的玻璃製的盒子。通過鏡頭的光綫，從盒子的測面射進來，而在對物鏡的最下，結集焦點。後來這裝置改良了。即不用日光，而用弧光燈那樣的強大的光綫，從此射出的光，通過鏡頭和細孔，為平行光綫，使從橫面照着注了膠質溶液的盒子，用顯微鏡從上面來看牠。不待說，這是須在暗室中實驗的。但原理是和第三十二圖所示的毫無兩樣。由丁鐸爾現象，光綫通過膠質液中時，衝突膠質粒子，起分散作用。其分散光透過對物鏡，順次射入眼中，因此可以看出祇有微粒子存在的地方，就和燦爛於天空的星辰一樣，並且每個粒子，都很勇敢地運動着。這度外顯微鏡的出現，給了膠質化學的發達，以何等發大的幫助啊！

在距今約一百年的昔日（一八二七年），英國的植物學家布拉文氏把某種植物的花粉浮在水中，把牠放顯微鏡下去觀察時，發見花粉在液體中作「字運動」。為着研究這樣的運動是花粉獨有的，還是一般的，他用種種細的粉末來試驗，發見任何一種都作同樣的運動。這種運動，為紀念發見者布拉文氏，叫牠做「布拉文運動」。在當時以為這種現象，祇是由於

外界的振動和液體的對流之類而起的，以致這重大的發見，也沒有怎樣引起世人的注意。到了三十六年後，有一個學者，注意到這種運動，任外界的影響，減少到何等程度，一點也沒有變化。又過了二十五年，有一位叫谷易的學者，纔很明確地把他證明了。即他在盛於容器裏的水銀的表面，於一點也不振動很穩靜的地下室中，竭力注意使室中溫度不變，以觀察布拉文運動，但到一年後，這運動始終沒有停止。

布拉文運動是粒子愈少就愈活潑。這已不是單純的振動，而已化成直綫的激烈的運動。實在的，齊格孟狄在最初觀察金的膠質溶液粒子的運動時，甚至沒有注意到這是布拉文運動的激烈的。布拉文運動是永久無休止的。但凡膠質溶液存在，牠的粒子的運動，是幾天的，幾年的，不，幾千年的無限止的繼續着。這種運動是給與希臘哲學家所說的「原子」（即我們所說的分子）是經常不間斷的運動」的思想，以絕對的支持，對於現代的分子運動論，也是絕好的證明材料。按分子運動論，分子常以非常的速度，作直綫運動的，在氣體其速度計算如下：

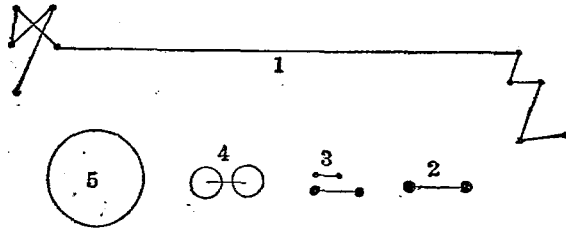
分	子	在零度的速度
氫		一八四〇米秒
氧		四六〇米秒
二 氧 化 碳		三九〇米秒

飛動速度是分子越輕越大。分子的運動雖是這樣快。但分子是非常密集着的。所以在一秒鐘內，和其他的分子要衝突六十億次；因此不能急向前進。

布拉文運動基於什麼而起的呢？這由種種研究的結果，纔明白是由分子的運動而引起的。即像前面說的一樣，氣體分子以急速度而飛動。液體分子，雖說到底趕不上氣體分子那

樣，但因牠也是以相當的速度而運動的。所以浮遊在液體中的粒子會跳起來。粒子若是比較大的，因其對於分子大得不成比較，同時從粒子的四方八面飛來，和牠衝突的分子之數，各方面幾乎相平均，所以粒子就不發生動搖。但粒子若慢慢地小，由各方面分子的衝突數的差異，漸漸失去平衡，粒子就向上下左右動搖。粒子越小，結果祇受着從一方面來的分子的衝擊，這樣纔發生激烈的「之」字運動吧。這恰如航行到大洋的幾噸的巨船一樣，雖在千層大浪上行走，也不很動搖；船越小其動搖越大。最後若小到漁舟一樣，就要像木葉似的，給波濤顛簸。這種思想，實際上是由愛因斯坦和斯穆倫攷斯奇從一九〇五年以來的研究，纔進到理論的攷察。但其實驗的證明，是由法國的化學家柏蘭完成的。第三十三圖是表示粒子的大小，和布拉文運動的程度。圖中（1）是表示直徑 0.01μ 的金膠質粒子的運動；（2）是表示 0.3μ 的粒子；（3）是表示樹膠粒子；（4）是表示 1μ 粒子的運動；（5）是直徑 5μ 的粒。這因為太所大了以不運動，這圖和三十二圖，是從齊格孟狄的膠質和度外顯微鏡的原著上，摘取下來的。

圖 三 十 三 第



其 四

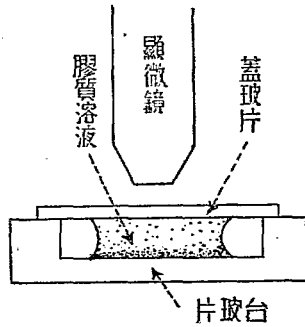
在前第六章中，已說了亞佛加德羅的假說，告訴我們『凡是氣體，在同一溫度和壓力之下，同體積中含有同數的分子』。原來所謂法則者，是從統一我們長期的經驗而獲得，由我們的觀察，和實驗而確定，說明原因和結果間的明確的關係的。但是假說時常是先於觀察和實驗而得出的，說起來祇是爲着便於理論上解釋某種特殊現象而設的。一個假定和「法則」大異其趣。因此頗有在創立學說的當時，認爲很便利而且合理的東西，其後隨着學問的發達，生出和實際不合的結果，因而被消滅的。但這亞佛加德羅的假說，如後面第十章所說，發展到不單是氣體，並且可以說一切物質的一克分子，都是從同數的分子成立

的。終於證明了一塵爾的物質，都成於一定數的分子。假說出世後（一八一一年）到了大約隔了一世紀的現代，已漸漸脫離假說的領域，進到法則的資格了。

法國化學家培蘭（現在還活着）推想布拉文運動，若是由分子運動發生的，那麼由布拉文運動，就能夠計算分子的大小。現在試考察布拉文運動的膠質溶液。其中的粒子之受重力的影響，是不用說的。重力要把粒子沉到容器的底上，而布拉文運動，則相反地要把粒子散亂在液體的全容積中。這兩種力互相保持平衡，液體下層粒子的濃度，比上層的大。這正和空氣在海面比在山頂上的濃——即是壓力大一樣。他用樹膠和乳香製成的膠質溶液，裝下離心機，先把大的粒子除去，次用離心機把從液中分離的部分，重復分散在水中。就得了大體有一樣直徑的粒子的膠質溶液。把牠裝在小容器裏，放在顯微鏡下去看。顯微鏡有使其對物鏡的高度，能精密伸縮的裝置。（參看第三十四圖）注入液體的容器的深度，約一種的十分之一，滴上一滴進去，把顯微鏡的焦點，變換種種位置，便能知道在液中各種高度的粒子數。他攝取了在同為 6μ 間隔的上下四層的照片，由此計算半徑 0.5μ 的乳香粒子的數，得到了下面

那樣的結果。

第三十四圖



層	粒子數	幾何級數
第一層	三〇五	二八〇
第二層	五三〇	五二八
第三層	九四〇	九九五
第四層	一八八〇	一八八〇

從這表看來，果真應了他的預想，越到下層粒子的濃度愈大。幾何級數是用來和上面所得的粒子數相對比的。各層的粒子數不亂七八糟的，而是按着整然的一定的規則。這但看粒子數是多麼酷似幾何級數，就可以明白了。

這實驗寫在一九一二年出版的培蘭教授著的原子論一書中。在這實驗中，推出物質一

克分子中存有的分子數 N ——這叫亞佛加德羅的恆數——的計算法，在這裏沒有揭示牠的自由，祇好就其概念說明一下罷。現設有底面積一平方糶，高 h 糶的氣體圓柱，其上層的壓力設為 P' ，下層為 P 。不待說，其壓力是下層比上層大。設這圓柱的質量為 m ，這壓力之差，若與將 m 引向下面的重力 g 為 $(g \text{ 重力的加速度})$ 配合則：

$$P - P' = gm \dots \dots \dots (1)$$

因為這氣體圓柱的體積是 $(1 \times h)$ 立方糶，質量是 m ，所以設氣體一克分子，即 M 克的容積為 V 立方糶，則其正比的關係就成立了。

$$m : M(1 \times h) : V \quad \text{即爲} \quad m = \frac{M}{V} h \quad \text{把這代入(1)即爲}$$

$$P - P' = g \frac{M}{V} h \dots \dots \dots (II)$$

由波義爾的法則，氣體的壓力與容積互為反比，所以其積常為定數。即：

$$P V = K \text{ (定數)} \quad \text{因此} \quad V = \frac{K}{P} \quad \text{若把這代入(II)式變其形則。}$$

原子和分子的大小

$$P' = 1 - \frac{Mgh}{K} \dots\dots\dots (III)$$

因氣體壓力的高低與一定容積中的分子的多少成爲比例，就成爲 $P \parallel P'$ ， n 和 n' 是在

壓力 P 和 P' 時的分子數。代入 (III) 即

$$\frac{n'}{n} = 1 - \frac{Mgh}{R} \dots\dots\dots (IV)$$

今設存於標準狀態的氣體二·四呎中的分子數爲 N 個。(亞佛加德羅的恆數) 分

子一個的質量爲 m 克則：

$$M = Nm \quad \text{代入 (IV) 即} \dots$$

$$\frac{n'}{n} = 1 - \frac{Nmgh}{R} \dots\dots\dots (V)$$

膠質溶液中的粒子，既如前所述與氣體分子，完全作同樣的活動，那末 (V) 式也能適用於膠質粒子。但因粒子是在溶液中，由亞基默德原理，粒子的重量，應比實際上的輕。因此須得把那式子稍加更正，式中 n 和 n' 是前所測定的各層的粒子數。於是計算未知數 N ，而得

出數值是

$$N = 6.8 \times 10^{23}$$

其後許多學者用各種不同的方法，決定了N之值，得下列的結果。

測定者	N
密爾根	6.06×10^{23}
刺查福特	6.2×10^{23}
波爾特烏	6.3×10^{23}
居禮	6.5×10^{23}
布拉克	6.0×10^{23}

這些數字，都很相當一致。即物質一克分子，大約由600,000,000,000,000,000,000,000,000個的分子組成。

原子和分子的大小

由這個數值，馬上去計算種種元素的原子的質量和直徑，是非常容易的事。例如氫原子的質量，可知是

$$\frac{1,000,000,000,000,000,000}{1.47} \text{ 克, 和氫原子的直徑爲 } \frac{100,000,000}{2.9} \text{ 厘米}$$

第十二章 化學的革命

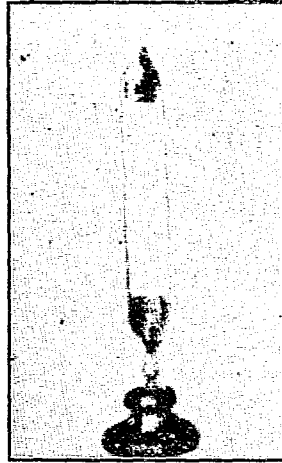
其一

「原子的本性」和「物質的窮極的組成」這類問題，從來認為祇有在化學的領域去思考的。但十九世紀最後數年間，物理學上驚人的發展，對於上述的問題，也投射一道強大的光明。這些發展，實在是許多物理學家和化學家協力的賜物。

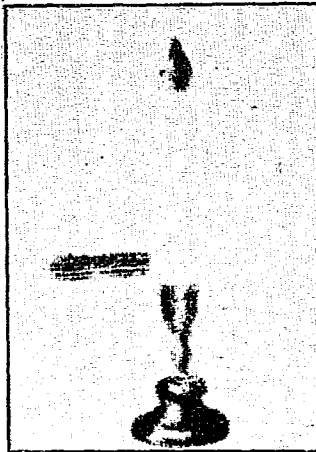
這是大約在六十年以前（一八六九年），就知道的一件事實，即是在非常稀薄的氣體中，放電的時候，從陰極發出一種放射線，以殘留氣體微弱的光輝，表示牠的通路，和玻璃壁衝突起美麗的螢光。——這就叫「真空放電」。這真是燦爛悅目的東西。但這種現象為什麼起的

呢？雖經許多學者的研究，仍不能啓示牠的真相。一八七九年，英國的學者克羅克斯，把高壓電流，通過他設計的真空管，（一名克羅克斯管），觀察從陰極射出的光線——陰極線。這雖從陰極以直線狀進行，但具有磁石歪曲其進路的可注意的性質。請看第三十五圖。A圖是表示

第三十五圖 [A]



第三十五圖 [B]



在真空管中，從陰極線筆直射出的陰極線；B圖是表示牠受磁石的作用，陰極線的進路歪曲了。圖上現出的磁石是陽極。陰極線受磁石的作用而曲進的事實，到底告訴我們什麼呢？關於

這個，大物理學家湯姆孫，在兩年後，發表了如下的見解說：

『真空管內的陰極線，可不是帶有陰電的微粒嗎？又此線之使玻璃壁上發出的螢光，可不是因為這微粒以強大的運動，能衝突着管壁嗎？』

湯姆孫的着眼，真是偉大。

湯姆孫說出這見解，是一八八一年的事。到距此十四年後的一八九五年，纔由德國物理學家羅琴氏完成了一個可驚的大發見。他認為前述的陰極線和物體衝突時，更生出一道新的光線。這就是X光線。其作用大體和陰極線相似。但和這不同之點，是不為磁石所歪曲，和容易通過物體。從來視為不透明的物體背後的物體，光線却能像通過玻璃一樣的透視牠。這種不可思議的性質，是何等使當時的人們，為之驚奇怪訝啊？但直到亨利柏克勒爾從完全不同的原因，發見有和這相似的現象發生為止，誰也沒有注意這些發見，對於化學上，有何等重大的關係。

其二

法國學者柏克勒爾氏，是以螢光的研究久享盛名的。在X光線發見的第二年（一八九六年），他爲着研究螢光，把鈾的化合物，攔在黑紙包的照相乾片上，擺在黑暗的櫥裏，後來洗出來一看，發見祇有載着鈾化合物的部分是感光的。由這實驗，他想呈現螢光作用的物質，都具有一度吸收光線之後，把那光線變化重復放出來的性質。他即以曬在日光中的鈾化合物來做這實驗，果然得着他所預想的結果，但在偶一的機會，他發見就是完全不曬在日光中的鈾化合物，也同樣使用黑紙包好的乾片上感光。於是他的眼前突然展開一大門，使他走進前人所未曾踏過的一大秘境。

由這發見，各種鈾化合物，都經試驗過，但皆起同樣的作用，在乾片上感光的強弱，以含化合物中的鈾的多少爲比例，也判明了。但在柏克勒爾的門下，從事研究的居禮夫婦，關於以上的鈾的性質，遇着一個理由不明的例外。那是從來用作提取鈾的主要原料瀝清鈾礦石，比從

他提取出來的純鈾，其前述的作用——放射能——更強數倍。這應該是此礦石中含着具有比鈾更強的放射能的另一種物質。於是居禮夫人在他的先生柏克勒爾的指導下，開始作瀝清鈾礦的研究。巴黎的團體和其他的人們，爲着供他們夫婦的研究，贈送了約值八萬法郎的瀝清鈾礦，由他們由可驚的堅毅的探求的結果，終於發見了具有比鈾強兩百萬倍的放射能的新元素「鐳」。時在一九〇二年。自是以後，又發見了好幾個有放射能的新元素。

居禮夫人在一八六七年，生於俄領波蘭的華沙市。她的本名叫瑪利斯克羅德偉斯嘉，是柏克勒爾的高足弟子。一八九五年和物理學家居禮氏結婚。夫婦共同研究，及至發見了鐳，一九〇三年由英國皇家學會授以台維獎章，同年又和柏克勒爾平分了諾貝爾物理學獎金。又一九一一年，獨得了諾貝爾化學獎金。一九〇六年，當時任巴黎大學教授的居禮博士，在巴黎街上不幸慘死，她馬上繼承了她丈夫的講席，就任爲該大學的教授，後年又任鐳錠研究所所長，她實在可以說是一個使現代男女們瞠乎其後的女傑。

在瀝清鈾礦中含有的鐳量是少得可怕。僅佔其中所含的鈾的三百萬分之一，用這氯化

鈾的形式，把牠提出。據說要得到牠的結晶一克，必需數百噸的鑛石。含在溴化鈾的結晶一克中的鐳，約爲〇、五四克。一九一〇年居禮夫人等，更分離單體的鐳，纔知道這物質是有光澤的金屬，而且是極類似銀的元素。鐳的性質，真是極可驚怪的，其化合物能自發光。有一種叫「夜光錶」的，其所以能在黑夜看出時間來，卽因在牠的針盤上的數字和指針上塗有極微量的溴化鐳和硫化鋅造成的發光物。又鐳的化合物發出呈和X光線同樣效果的數種放射線，並且一克的鐳，可以放出每小時一百三十三卡路里的熱。又更深刻地觀察放射線的結果，確認有 α 、 β 和 γ 三種不同的光線。其中的 α 和 β 線，因磁石而歪曲其進路，所以用第一節所述的湯姆孫的話，牠們都是帶着電的微粒子，其中的 β 線，我們曉得牠是和克羅克斯管的陰極線一樣的，因此 β 線是帶有陰電的微粒子，又因 α 線和 β 線，其因磁石而曲進的方向恰恰相反，所以知道 α 線是帶有陽電的微粒子。還有 γ 線不因磁石而歪曲，其性質最和X光線同。 α 和 β 線是帶有以非常高速運動着的陽電或陰電的微粒子，但餘下的問題，是我們知道這一些究竟是什麼東西。

其三

放射能的問題，在一九〇〇年，英國學者辣塞福特，開始研究鈷的時候，就踏入新的階段了。鈷是除鈷外被人熟知為具有放射能的唯一的元素。他識出鈷能生出具有雖常極稀薄而頗為強大的放射能的氣體。所以給牠取了「鈷射氣」的名稱。他又把這氣體放進容器裏，看見從那裏發生某種物質附在容器的壁上。這物質含有一種不可思議的性質，若暗把帶電的金屬絲垂在盛有這體的容器中，生出來的那種物質，就全部附着在金屬絲上。這分量極小的，若把金屬絲加熱或是磨擦，牠就化為烏有了。

一九〇二年，他和本國的化學家蘇季仍共同研究這個問題，終於發表了下面那樣可驚的意見說：

「原子決不是不可分離的，而是具有極複雜的構造的東西。我們稱為「放射性物質」的原子，是不安定的東西，瞬間爆發地分解，以大速度射出 α 和 β 的微粒，原子自身變化為其

他的新元素的原子。』

這就是放射性元素的崩潰。在本書第一章已略示元素的概念，第二章介紹了波義爾所說的『元素是不能再分解』的話，第六章論道爾頓的原子說中，還是含有原子不可分離的思想；在第八章中也曾詳細地說過此點。像這樣，原子的不可分和牠是物質的根基的思想，是從波義爾的時代以來，結根於我們的腦子裏的一個信念，誰也沒有懷疑他的。所以我不能再繼續說下去。

如第八章所談，氮是一八六八年，祥生氏觀察日蝕之際，從太陽的紅焰光帶中發見的；其後三十年，又由英國化學家拉姆則，從地球上發見的元素。這氮的重要之點，是在與上述的元素崩潰的事實相關，與元素之轉換這一大問題以線索。如本章第二節所說，鏷祇在含有鈾的礦物中，我們若承認前述的鍊塞福特的話，就容易想到是從鈾變化而生的。又像單晶礦砂那樣最強大的放射性礦物之含有氮，就暗示我們這氮也是這樣的放射性物質產生的。此說在一九〇三年，拉姆則和蘇狄兩人就鏷所發生的氣體——鏷射氣，作週到的研究時，已經確立

而已無置疑的餘地。這鐳射氣經拉姆則根據牠的比重，算定了原子量是二二二。他把牠編在第八章說的週期律表底第〇族的最下一部。這就是第八章元素的週期圖上的第八十六號元素「釷」。以前叫「厄東」舊的化學書上，都用這個名字。拉姆則及蘇狄所做的最驚人的觀察，把釷攔下數日後，會化爲烏有，却有釷代之而生。這是說明一元素從他一元素產生的最初發見。和X光線發見時，是同樣的使人們驚倒。並且在各地的實驗室中，反復實驗的結果，都祇好承認這個發見是正確的。

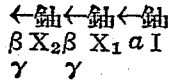
在第二節中曾指明a線是帶有陽電的微粒子；同年辣塞福特又提出這a粒子，是帶電的氦原子。這見解在六年後（一九〇九年）由巧妙的實驗，實際的證明了。他是怎樣實驗的呢？由來一切氣體在其中放電的時候，發出帶有特殊色彩的光。用三菱鏡能把牠分成光帶。他在大玻璃管中插入盛了氦的小玻璃管（用極薄的玻璃造成的）。攔下數日後，通過大管實行放電因檢查牠的光。看見沒有發現氦的光帶。在這時候可知氦已不存在。這是說明小管內的氣，不通過薄的玻璃壁到大管裏來。隨即取出這小管而插入盛有鐳射氣的同樣的小管。牠

就不斷地射出 α 線。小管的玻璃壁是很薄。 α 線的粒子，以高速度向外飛出，就通過那層薄壁而到大管裏。再像前次那樣放電。這次可就能看見牠生出很明瞭的氮的光帶。這就是 α 粒子，實際上是氮原子的決定底證明吧。因此就判明了 α 粒子的原身。

放射能是從一元素向另一元素轉換的證明。這種轉換似為從原子向原子突然爆發的進展，像放射 α β γ 這種種放射線之射出，似正在這個爆發之際。放射性元素各有其壽命，通常是測其一定量的元素變化到一半分量的時間，下表示從鈾發出的元素的系列，和變化到一半分量的時間的概數。又在箭頭之下所以寫出 α β γ ，是從一個向他一個變化時射出的放射線。

元素名

半變時間



五〇億年

二四日

一分

化學的革命

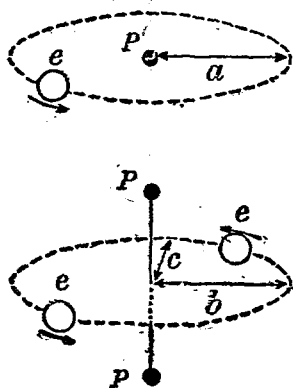
我們對於「原子的不可分」和「元素不變」的堅定的信念，終於被萊塞福特和拉姆則兩氏投下的巨彈轟然炸破了。實在這從一元素向他元素的轉換，可不是我們所曾笑其愚不可及的那些鍊金學者們的夢幻的實現嗎？這麼一來，化學真不能不說是逢着根本上發生動搖的一個大革命了。

其四

故事又再回到最初的陰極線。牠是帶陰電的微粒子已由 G·G 湯姆孫提出過了。他還知道這微粒子的當氫原子的質量的一千八百分之一。並且牠不問任何物質，即任何種類的原子也會產生的。所以牠該是一切原子所共具的。這微粒子所有的電荷和粒子本身，是完全不能分開來想的。因為這粒子便是電的自身。電內有最小的極限，是由實驗上測知的。那就是這個電荷。因其是電的最小不可分的一部分，所以叫牠做電子。從此陰極線和 β 線可說是以高速度——幾乎可與光的速度相比較的速度而飛行着的電子。

由湯姆孫氏闡明了電子的存在，在另一方面，由女傑居禮夫人發見了鐳，又由拉姆則和揀塞福特等，做了前人未有的研究，科學家們猛然向那牢不可破的原子的城堡圍攻，僅以數年的短時間，終於把牠奪取了。於是原子的構造，由G·G 湯姆孫，揀塞福特，波瓦和長岡半太郎諸學者，從種種方面研究的結果，到現在總算為一般所承認了。照他們的研究各種原子，各由帶着一定量陽電荷的原子核，和像運行於太陽的周圍的行星似的，各循着一定的軌道運

圖六十三第



行迴轉着的一個（像氫）乃至九十二個（像鈾）的電子，構成一個小宇宙。概念的說，原子是微細的粒子，其直徑約當一吋的三億分之一，假令地球是由野球的集合而成，照這比例，水之一滴與地球相當，原子恐是對於地球的野球那麼大小吧。最重的鈾原子的重，是最輕的氫原子的二百三十八倍，其大小當為氫原子的直徑兩倍半。（參看第十一章第

三十一圖)

現在簡單的說一說氫原子的構造吧。第三十六圖的上圖是氫原子。P 是原子核，e 是電子。這核帶着陽電，和電子所有的陰電荷相等，保持平衡，原子整個的電性是中性的。電子一個的質量，非常微小。作為原子的重量，幾乎全部是原子核佔領着。故此氫原子核的重量，約為電子的重量的一千八百倍。可是核的直徑由種種方法測定，却是

$$\frac{1}{100,000,000} \text{ 厘米左右。電子反而是很大的。核和電子的距離 (a) 是 } \frac{1}{10,000,000,000} \text{ 厘米左右。電子是 } \frac{1}{1,000,000,000} \text{ 厘米左右。}$$

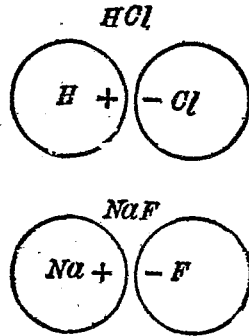
氫電子以每秒 6,200,000,000,000 次的速度，環繞於核的周圍。在第三十六圖的下圖，是表示氫分子。這時候是兩個電子在一個軌道上描着橢圓而迴轉。b 的長比 a 稍短，c 比 a 的二分之一稍長。不幸比這更複雜一點的時候，電子的數多起來了，這種計算也就困難起來。在這裏須得注意的，是一般環繞原子核的周圍的電子數，和第八章的週期圖上各元素旁註的小番號數，是一致的，和這番號相一致的數的電子的大體配置，已經研究出來，一般的原子核，恐怕含有多數氦原子核或氫原子核或是兩者都有。到了放射性元素的原子那樣的大原

子核，就不安定起來，自然會以偉大的能力，向核外粉碎地飛出。

於是我們來考察一下氦原子核。這是四個氦原子核集合而成的。那麼一般地說一切元素，都以氦為根本而從這裏產生的嗎？距今百年以前（一八一五年）倫敦的醫學家蒲羅特，也想到這點，提出了『一切元素的原子量，是氦原子的整數倍』的假說；經許多實驗的結果，證明他不是。後來就完全被人忘記了。但是這一假說是很幸運的，因放射性元素的研究而重新復活於化學界了。這話在這裏略去不說。祇問果真許多元素，是從氦原子構成的嗎？關於這個問題，我們不能很匆促的論斷其是非。但最近關口鯉吉博士所譯的新時代的宇宙研究一書，稍有涉及這個問題的，把這書中所說的片段，借用在這裏罷。

『因觀點不同，也許有人要說這是很荒謬的見解吧。但認為天體是由元素的既知的源泉——氦元素——實際生成複雜的元素的唯一場所的事實，確是有的，無論如何不能否認。至少我們可以看出在此等天界的實驗爐，實在顯現各種各樣的物理條件。其階梯是先有非常稀薄的星雲，從不可思議的物質生出牠的光輝，就像我們在實驗室裏處理

圖七十三第



化學的革命

原子的構成，由上述的話，就可以明白了。那末所謂元素的「親和力」是什麼呢？由柏濟利阿斯傳給「原子之電的正負引起化合」的見解，在近代原子理論中受當怎樣的支持呢？離子荷電的本體是什麼呢？現在把在第十章說過而保留其解決的問題，都與以最後的結束吧。在第三十七圖的上圖，是表示氯化氫；下圖是表示氟化鈉。前者中的氫（H）作陽性，氯（Cl）作陰性，行電氣上的結合，後者中的鈉（Na）作陽性，

的真空管放電似的狀態。這種天體在元素中，除了是最輕的而且最簡單的東西，不能認其存在。就是巨星也仍是非常稀薄的東西。（臘戶座的α星的密度，也不出一氣壓的空氣的千分之一）其光帶中除氧化鎳之外，還測得有鐵、錳、鈣、鉻、鈷、及鈉的存在。因此我們所看見的放光的天體的外層，僅僅祇能有二三千度的溫度。固然愈接近中心，其溫度一定是很高的。溫度愈高，慢慢的種種元素就出現了。」

氟(F)作陰性，行電氣上的結合。這是什麼緣故呢？這種「親和力」，是由原子易於失去電子的程度或是易於吸收電子的程度而定的。比方在氟和鈉化合形成氟化鈉時，鈉原子因失去一個在最外部的電子，原子內電的平衡破壞了，自身就變成陽性，氟取得了從鈉脫出的一個電子，自身就成陰性，於是由陰陽相吸之理而起化合作用。第三十八圖，是表示氟原子，在中央

圖 八 十 三 第

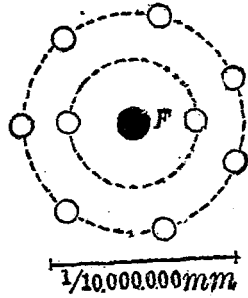
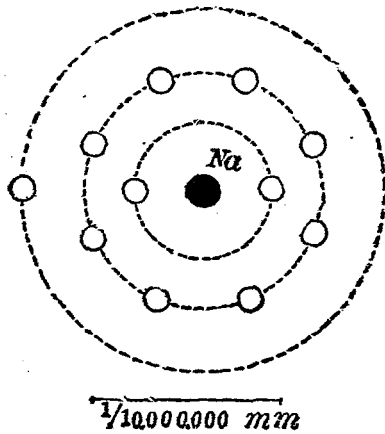
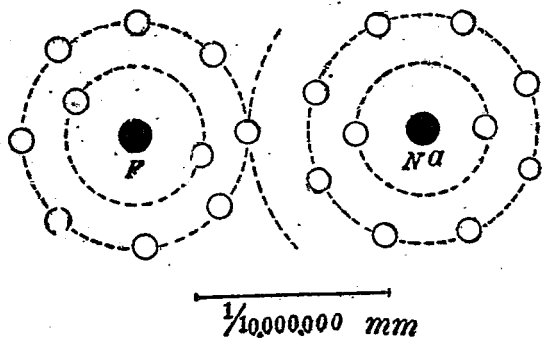


圖 九 十 三 第



第十四圖



的黑點是核，白圈是電子，中間有兩個，外部有七個。第三十九圖是表示鈉原子，這合計有十一

個電子，在最外部不是看見一個嗎？因為這一個向氟的外輪飛躍，氟的外輪變成八個電子。如第四十圖所示氟化鈉的分子，就這樣成立了。在水裏鈉原子失了一個電子，氟原子取得一個電子而分離。這就不外是離子了。

化學故事，在這裏完了。在默察上下三千年間化學思想的推移時，我不禁想起紀元前五世紀的希臘哲學家柳錫普斯說的「世界是流轉不止的」的話了。正是在自然界生滅起伏無片刻休止的物質現象，其活動的真相，殆不容正視。以此鴨長明在方丈記首章所記：

「川流不息，已非逝水，
浮泡白沫且消且結。」

可以說接觸了千古的真理了噫！

原田三夫著
許達年譯述

通俗科學全集

第二集

天空的神秘

◆ 一冊 九角

無不悉數敘入，實為研究天空現象最完善的讀物。本書因為專供一般人之瀏覽，故敘述異常生動，說理亦頗淺顯，不必要之難解定律，概不列入。全書附插圖八十幅，藉使參閱。卷末另附「譯者雜記」，介紹最近發見的冥王星之一切狀態。

第二集 地球

一冊 一元

本書以淺顯一般的常識為主旨，將地球上的一切自然現象，敘述無遺。全書共十六章，凡地球本體之研究，海底和海面，海水，海水的變動，極海，侵蝕作用，地殼的變動，谷，冰河，海和陸的爭鬥，火山，溫泉，地球是什麼東西構成的，地球是怎樣組成的，地球的歷史等，均有詳細的說明。譯筆流暢，統計準確，插圖精美。

第三集 日常氣象學

◆ 一冊 八角

本書敘述日常氣象的各種現象，凡大氣層之高度成分，氣溫之變化升降，地面溫度之分佈，氣壓之變化與比濕，雲層之鑒別，雨露霜雪雹霰之成因，及其對於人類生活之關係，風力風向之敘述，一般空中光暉之現象，低氣壓高氣壓之形成，以及雷電之各項說明，皆有詳細的敘述，最後殿以天氣預報一章，尤切實用。內附插圖多幅，以與文字相輔，閱之更易明瞭。

中華書局發行

民國二十四年二月印刷
民國二十四年二月發行

少年科學叢書
第一種 化學故事 (全一冊)

◎ 定價 銀 六 角

(外埠另加郵匯費)



原 著 者 益 田 苦 良

譯 者 武 奕

發 行 者 中 華 書 局 有 限 公 司

代 表 人 陸 費 達

印 刷 者 中 華 書 局 印 刷 所

總發行所 上海棋盤街 中 華 書 局

分發行所 各 埠 中 華 書 局

#3

801064

8010

標商冊註

