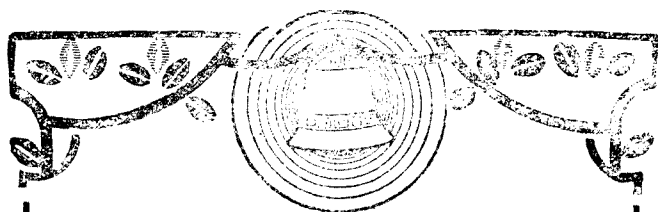


化學講話

沈鼎三編譯

正中書局印行



版權所有
翻印必究

中華民國二十五年十二月京初版
中華民國三十五年九月滬一版

化 學 講 話

全一册 定價國幣一元九角五分
(外埠酌加運費匯費)

原 著 者	J. A. COCHRANE
編 譯 者	沈 鼎 三
發 行 人	吳 秉 常
印 刷 所	正 中 書 局
發 行 所	正 中 書 局

(608)

目 次

第一章 引言	1
人類的好奇心——化學是甚麼——化學是怎樣發生的——如何學習科學——科學的方法	
第二章 古代的化學	6
化學的誕生地——古人求得的知識——希臘的哲學家——完善的金屬——哲學家的寶石——巴拉塞爾士——煉金術	
第三章 燃燒——燃素說	14
希臘的“元素”——四元素說的證明——亞理斯多德的補充——凡·黑爾蒙特——古人對於燃燒的解釋——培赫的學說——斯塔爾和燃素說——外表是欺騙的——對於燃素說的二種疑難——燃素說沒有勁激——若·累的意見——波義耳又有一種新的意見——羅柏特虎克差不多發現了真理——約翰·美奧附和虎克——一百年之後	
第四章 燃燒及生鏽	27
鐵的生鏽：古時的學說——鐵生鏽的時候重量的變化——所增加的是否由空氣中取得的——鐵已全部生鏽了嗎——鐵必需水方能生鏽——生鏽的預防——汞的生鏽——古時的學說——拉發西埃的實驗——磷的燃燒——所得到的結論	

- 第五章 氧的發現**..... 37
- 普里斯特利——他怎樣和科學發生關係——他的特性——氧的發現——此後的工作——含雷——他怎樣發現氧
- 第六章 拉發西埃**..... 46
- 物理學的進展——化學的奇特時代——拉發西埃——他對於法國的服務——他的天逝——他對於燃燒的實驗——拉發西埃和普里斯特利的會見——燃燒的新學說——物質的不滅性——“近代化學之父”
- 第七章 空氣和它的成分 (1) 空氣是混合物**..... 55
- 空氣是希臘人所謂“元素”之一——凡·黑爾蒙特對於氣體的意見——波義耳對於元素的意見——拉發西埃對於元素的定義——空氣並不是元素——證明空氣是混合物
- 第八章 空氣和它的成分 (2) 氧**..... 61
- 所在——製法——商業上的製氧法——性質——氧化——氧化物的分類
- 第九章 空氣和它的成分 (3) 氮及稀有氣體**..... 67
- 氮的性質——氮的製法——植物生長必需氮——二氧化碳——大家都不注意的一些剩餘物——累利的精細試驗——拉姆塞的證實——氫——氫——氦，氬，及氬——空氣的成分
- 第十章 氫與水**..... 74
- 氫的發現——馬加用管嘴燃氫——亨利·卡文提什——水是希臘人所謂的元素之一——普里斯特利款待他的友好——卡文提什依着這線索而研究——卡文提什的解釋法——拉發西埃的拯救——

氫的製法及性質——水是一種化合物——擴散——助燃和自燃
——水的所在——對於生命的重要——水是溶劑——食鹽是怎樣
取得的——泉水——‘阿爾加海斯特’

第十一章 約瑟·布拉克..... 88

凡·黑爾蒙特發現一種新的氣體——被人忘懷了的發現——約瑟·布拉克——布拉克對於石灰石的實驗——進步的開路先鋒布拉克

第十二章 二氧化碳..... 94

碳——二氧化碳的製法及性質——植物及動物的呼吸作用——煤
礦中的二氧化碳——火澗及自燃礦中也有這種氣體

第十三章 石灰石..... 99

石灰石,白堊,及大理石的生成——石灰石及大理石最初的應用——
商業上的製石灰法——鈉的發現——滑石灰——石灰水——硬水
與軟水——鐘乳石及石筍

複習問題.....106

計算練習.....115

計算練習答案.....120

第一章

引言

人類的好奇心

好奇心是孩子們一種非常顯著的特性；孩子們說出來的那種笨拙的問題，雖然有時能使他們父母發怒，但大都可使他們父母歡樂。新聞報或定期刊物，爲了迎合一般人的心理起見，也常在遊戲欄中登載着。孩子們的好奇心不僅在發問上可以看到，他們常把玩具拆成一片一片，去看出這玩具是甚麼東西做成的和爲甚麼會動。這種事情，我們實在不應該責罵他們，他們正在用淺薄的方法，表示他們的科學精神呢。其實任何年齡的人都有這種好奇的特性。從來所有的發現及發明，都是依靠着這一種特性。因爲繼續的發問，像這是如何來的？爲甚麼如此？這是甚麼東西做成的？人類一點一滴的得到了許多關於自然的神祕知識，並且能夠利用自然的力量，去達到他們的目的。

化學是甚麼

小孩把他的玩具拆成一片一片，去看出那是甚麼東西做成的；這種工作，和化學家研究造成宇宙的許多物質的工作完全一樣。化學是科學的一部分，它的目的，是研究各種物質的成分怎樣；和拿各種已知的物質，試拚成新的物質。人們對於物質的成分，已研究了幾千年了，從古到今研究所得的智識真是多得驚人，沒有一個人的腦袋能夠完全裝載得下。就是拿一生的時間來研究化學，頂多也不過精通了它的一小部分。然而我們學習一些化學的普通智識，也不需要化費多大的時間，並且，非特使你感到有趣，更重要的還是可學得一些科學的方法及精神呢。

化學是怎樣發生的

從化學的真正性質，便可知道化學的起源，一定在很久很久之前。那時候是那樣的遙遠，事實上已找不到一些痕跡了。當人類在地球上出現的時候，他四周許多奇怪的東西就引起了他的天生的好奇心。他的腦要活動，於是開始去研究那些東西了。研究的結果，再加上偶然的發明，人類就一點一

滴的知道了關於自然的許多智識。起先，人類的腦子還沒有訓練過，所以智識的增進非常遲緩。他們往往墮入許多錯誤之中，而獲得錯誤的結論。雖然有些錯誤不久就改正過來，但有些錯誤卻保留了很久。然而無論如何我們早日的祖宗所造成的進步真是驚人，他們的發明雖常得於偶然，但是他們安排了一個化學的基礎。

如何學習科學

化學的起源雖在有史之前，但是真正的科學，僅有二百年左右的歷史。在十八世紀的時候，化學家方完全相信科學的學習須從量的方面着手，那即是，從那時候起，他們才把試驗時所用的各種物質的質量先仔細的計較一下。我們若翻開化學史來看，即可知道許多著名科學家的成功，都是因為承

1500 B.C.	1000 B.C.	500 B.C.	0	500 A.D.	1000 A.D.	1500 A.D.	現在
有史以前	古代的 及研	著作家 究者	希臘的 哲學家	煉	全	術	燃素說 近代化學

圖 1 此圖可使讀者明瞭化學史上各時代的比較；但須記得，這是大致的分法。

認天平的重要的緣故。再看十八世紀之前的化學家，他們並不以為天平是化學實驗室中一種必要的儀器，所以那時候化學的進展非常遲緩。至於古代的哲學家（他們不能稱為科學家）對於事物各人有各人的理想，有時還假造了事實，來適合他的理想。說一個例罷，有一個希臘人，他的名字叫亞理斯多德（Aristotle），他說：一隻盛滿灰的缸中所能容納的水量，與同大小的空缸中所能容納的水量是一樣多少的。因為某種理由使他覺得這是對的，他便以為這一定如此了。我們現在學習科學的方法，必須與這種方法完全相反才好，我們的意見，應該是研究事實的結果，不曾經過實驗的證明，我們千萬不可認它為真實。

科學的方法

在此要說幾句關於創立科學定律的方法的話。創立定律的方法可以分成三步：（1）先做許多實驗，每一實驗擔任所研究的問題中的一部分；或是作許多次數的觀察，而使得獲類同的結果；（2）比較各次實驗或觀察的結果，成立一種可以包括一切結果的普通敘述或定律；（3）再做許多實驗證明此定律是不是真實可靠。這種方法，即是我們現在所謂的科學方

法。

事實上，許多的發現，都是應用這種方法，做了幾次實驗，注意各次試驗結果的類同的地方而獲得的。例如阿基米得(Archimede)，在空氣中和水中稱數種物體的重量，發現物體在水中減輕的重量，等於被這物體所排去的水的重量。然而他還以為這是偶然的事實，不能決斷的說這即是一條定律，他把這樣的實驗重做了好幾次，把各種不同質料，不同形狀，不同大小的固體都試過，然後才敢大膽的說出這是永遠真實可靠的定律。

人們對於某一問題的成見和科學是沒有關係的，科學所需要的乃是真理。假如某種事實不能和定律附合，決不是事實的錯誤，而必是定律的錯誤。我們不能改變事實去附合定律，但是可以改變我們對這事實的意見。而且事實上需要改變，我們必須改變一下。我們對於一切問題，應當擯去自己的成見，我們的觀念應該建築在觀察所得的事實上面。讀下去，可以看到許多人的失敗都是因為不曾注意事實，離開了真理，而到永不能回頭的歧路上去的緣故。當他們應該張開他們的腦袋去接受他們目前的現象而進行化學研究的時候，其實他們腦袋中早有一種固執的意見存在着了。

第二章

古代的化學

化學的誕生地

“化學”(Chemistry) 這名詞的來源,有許多不同的說法,但顯然的這是從埃及字 Khemet 變化而來的,意義是暗或黑。在紀元後的第七世紀,亞刺伯人戰勝了埃及,發覺埃及的哲學家,有一種對於一般人民絕對保守祕密的奇怪藝術;他們像魔術家一樣,說是可以造成許多不可思議的奇跡。舊約上所記載的,埃及十種災患的故事是大家都知道的。在這故事中,不是說當災疫流行的時候,埃及國王和那些智慧的人及魔術家商量辦法,但是他們自認沒有能力可以停止那種災疫嗎?這種智慧的人就是這裏所說的哲學家,也就是信仰着由一代一代傳下來的祕密知識的古代化學家。阿刺伯人來了之後,便學得了那些人嚴密保守着的祕密,並把這種祕密和在希臘學得的智識,一起傳播到整個文明的歐洲。這種埃及哲學家

的藝術的名稱是稱謂 Alchemy，中文譯為煉金術。Al 是阿刺伯文的前置詞，Khem 的意義是暗或黑，所以這種祕密，阿刺伯人又叫它為黑色的藝術 (The Black Art)，或者這樣的解釋比較更可靠一些，埃及有人稱它為黑國，因為當尼羅河的水漲到岸上再退下來的時候，二面岸上便留下了一層黑色的泥，Alchemy 的意思，也可說是黑國的藝術。

雖然埃及在五六千年以前已有煉金術的事實，但顯然的，埃及仍不是它的發祥地。由許多事實可以證明，在更早一些的時代：加爾提安人 (Chaldeans) 早已知道許多煉金術所用的物品及方法了。這時代還沒有甚麼文字的記載，所以我們不能詳細明白它的究竟。一切我們所知道的，都不過是從古代加爾提安城市廢墟的洞穴裏所發現出來的一些遺蹟罷了。

古人求得的智識

到後來，當埃及人開始研究這種藝術的時候，我們就有了較多的證據，因為那時候的人，已能夠記載他們的智識了，但並不是記載在紙上，而是在石的板上。許多的文獻發現出來，使我們知道當時已發明的，是些甚麼方法與物品；從那種

簡單粗陋的繪圖上，告訴我們當時所應用的是甚麼樣的儀器。古代的煉金術家已知道怎樣從礦物中把金屬提煉出來，也能配製藥品，製造玻璃及肥皂，並且還能把布染色。在他們的時代，他們的成就，似乎沒有重大的價值，然而他們所做的實在都是有價值的先鋒工作。

希臘的哲學家

在紀元前的五百年間，世界的學術中心是希臘，那時希臘人對於哲學的著作，就在現在讀起來，也是非常有益的。可是希臘人是哲學家而不是科學家，他們不實驗也不觀察，他們僅把自己的想像作為對於宇宙的觀念。所以他們的結論不能避免的落在許多錯誤之中。並且許多的敘說是違反事實的，他們對於科學進展的幫助很少，在反面講起來，因為他們的敘述完全靠着猜想，一些也不證明的緣故，他們實在是阻止着進展。

完善的金屬 (Perfect Metal)

在一切科學的歷史中，很明顯的可以看到，科學的進展，往往被那些錯誤的思想所阻礙。在化學的歷史中，這種事實

真不止一次。有一時候，他們相信一切金屬，都能夠變成黃金，這種也許是希臘人的空論，也許是古代煉金術家大膽的意見，他們說，金屬能和植物一樣的生長變化，他們還用幾種錯誤的證明方法，證明自然在她偉大的實驗室中，能使低賤的金屬逐漸的變化，最後變換而成一種完善的金屬，那就是黃金。那麼能否仿學並且改良自然的方法，速成的把一切下賤的金屬都變成黃金呢？這種思想引起了人們發財的大希望，所以試從下賤的金屬製造黃金這種事業，煉金術家一代一代殷勤的幹下去；但是直到他們努力硬幹到十五世紀的末尾，始終連一兩的黃金都不曾用其他的金屬製出來。實際上，就是在這二十世紀，人們也沒有那種希望，能夠人工的製造黃金。有人說德國已發明一種方法，能用他種物質製造黃金，但是詳細的情形也不曾發表出來。

哲學家的寶石

後來，煉金術家又以為將下賤金屬變成黃金，必須先預備一種物質，這種物質的名詞很多，普通稱謂哲人石——哲學家的寶石。他們以為把很少的一些哲人石，加到塔融的金屬中，那金屬就會立刻變成了純粹的黃金。所以那時候煉金

術家的一切精力，都用在試煉這種哲人石——這可使那些試金者，在他狂妄的夢中，變成富翁的神祕東西。

研究下去的時候，又發現這種奇怪的東西有許多新的性質；說是能長壽，能祛病，能使已死的復活，能使年老的還童，能使懦夫變成勇士，並能使醉漢清醒。這種東西的性質這樣複雜，實在祇不過煉金術家的幻想，可說是無稽之談。但是那時他們卻因此更奮發，更努力，更犧牲呢！假如煉金術家的精神，是用在另一方面，那麼化學的歷史，必是完全不同了。

煉金術家所發表的對於製造哲人石的方法非常多，並且非常奇異。大部分的方法是非常愚笨的，而且想出來的時候是那樣的偶然。許多人揚言着他們已經發現了這種神祕的東西，但是沒有一位發明者肯把他製造的方法用正當的文字寫出來。這理由是很單簡，就因為實際上他們並沒有發現。在他們長時間的研究中，差不多一切已知的物質，都已在他們複雜的製法中，當做原料用過了。這些奮動的志士把他們所知道的一切方法如混和，加熱，溶解，蒸餾等，都用過了，而此種奇怪東西的製造仍歸失望。上面說過這件事他們曾經研究了幾百年的時間，但是不到十七世紀的中葉，就最後的沒落了。那些煉金術家在他們的許多試驗中，也曾造成了許多真正的

發現，不過他們並不注意那些東西的價值，因為他們的注意點，是固定在那個達不到的目的上的。然而話又得說回來，在科學中用“不可能”三個字是不聰明的。今天認為不可能的事，到明天也許就可能了呢，在最近的幾年中，有許多新鮮且奇異的事情，例如鐳，X射線等等，走到我們的眼前來，這種發明指示我們，一種金屬能變成他一種金屬的思想，在某一個時代到臨的時候，也許並不是妄想呢。

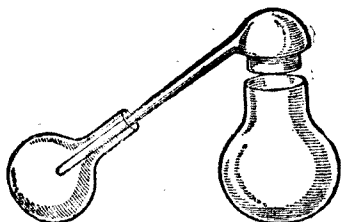


圖 2 煉金術家熱餾所用的器具

巴拉塞爾士 (Paracelsus)

在我們現在講到的那個時代的末尾，化學的目的又改變了，十六世紀的初葉，它的中心目標是想把一切金屬變成黃金，而現在，他們申述，化學的主要目的應該是醫病——煉金術家，應該以製造醫藥，替代找覓哲人石的工作。於是化學又轉變到研究那種可以醫治任何病痛的萬能藥品的階段了。替代了不可捉摸的哲人石，有些煉金術家開始研究那種一樣不可捉摸的萬能藥 (Elixir vitae)。其實煉金術家很早很早就

有萬能藥品這種思想。雖然弄不明白那時他們對於哲人石和萬能藥品認為是二種物質，還是以爲一種物質有二種性質，一方面能變普通金屬成黃金，一方面又能醫治一切疾病；但他們對於萬能藥品的研究往往和哲人石合併在一起的。第一個提議煉金術家的主要目的應是醫治疾病的人叫巴拉塞爾士，他是瑞士人，生長在十六世紀的前半期。他的父親是一個醫生，所以很早就偏向醫藥的研究了。他是一個有創造能力的，並有堅強意見的人。因爲他脫離了那些先進者的目標和方法，打出了一條全新的路，所以大家就稱他爲醫藥的‘路得’(Luther of Medicine)。這二位革命家是生在同一時代的，巴拉塞爾士雖在路得會中沒有參予實際的工作，但是他對於此事的意見是完全一致的。

煉金術改變目的之後，完全成爲醫藥的一部分了。但是一種這樣有希望的科學是不該永遠做附屬品的，所以又漸漸的發展，到了十七世紀的中葉，開始形成了這‘近代的化學’。於是人們決斷的拋棄奇怪且理想的東西的無望研究，而科學替代了少數隱士的祕密，出現在光天白日之下了。從此人們開始爲了智識而研究自然，不再爲了個人利益的自私動機而研究了。

煉金術 (Alchemy)

一位精通科學史的人對這煉金術時期的描寫是這樣：
“從十三世紀到十六世紀，是煉金術的黃金時代，教會裏內外的人都熱烈的研究着，有時教會的監督，皇帝——甚至教皇，也都是精於此道的人。從事煉金術的二大目標，把普通金屬變換成黃金，和發現那種萬能的不老丹，真是當時大家非常愛好的事，金錢和康健浪費的犧牲，固然不顧，就是挫折和失敗，也不能阻滅煉金術家的熱情，和停止他們對於虛妄的目標的研究。他們忠信着最後的成功，他們努力不懈的工作着。甚至以一生的時間工作着。這種可驚的勤奮和高貴的忍耐即是煉金術家顯著的特性。也許，比哲人石或長生藥少迷惑一些，少燦爛一些的問題，就不會使他們在勤勉的試驗上化費這麼多的時間了。但是幾百年來，雖經過了這麼多的關於煉金術的試驗，因為煉金術家所奉行的虛妄性的問題，時時刻刻的記在他們心上，化學中的真正方法始終不曾發明，科學的真理也仍舊還沒有發現。”

第 三 章

燃 燒——燃 素 說

希臘的“元素”

在未講本章的正文之前，我們應該回到希臘時代，講些那時代的思想。希臘的哲學家有一種意見，以為地球中所含有的一切物質都是由一種基本物質所組成的，這種基本物質可有種種不同的形狀及性質，所以萬物有千變萬化的差異。這種基本物質，他們稱為元素。他們以為從“元素”中可變出一切東西來，最後一切東西又能變回成同一“元素”。然而哲學家總想不出來“元素”究竟是甚麼東西，那當然是意料中的事，因為他們的意見，都不是從實驗得來的。有一位人說，造成萬物的物質及萬物最後的歸宿是水。另一位又有一種思想，以為萬物都含有空氣，祇不過多少不同罷了；第三種思想，以為一切東西的原始及結局是火；又有第四種思想，說土才是萬物的主體。

這幾種希臘人的學說並沒有甚麼結果，所以另一位哲學家，又說元素不僅祇有一種，總共必定有四種，即水，氣，火，和土；一切東西，是這四種元素的混合物，祇不過每種多少的比例不同罷了。

四元素說的證明

一切的學說，沒有證明人家是不會相信的。他們的學說也有他們的證明。雖然是那麼的淺薄，但是在那個時代，大家都十分相信。此地是他們證明四元素說的一個例子：“當綠的木材燃燒的時候，火燄表示火的存在，發出來的煙證明氣體的存在，嘶嘶，嘶嘶的聲音是有水的證明，而剩下來的灰，證實了裏面還有最後的元素存在着。”像這一類的證明在那個時代是非常多的。

亞理斯多德的補充

被人們崇拜了幾百年之久的亞理斯多德(Aristotle)補充四元素說，並且說明每一種元素的性質如下：

水是溼加冷。

氣是溼加熱。

火是乾加熱。

土是乾加冷。

亞理斯多德補充後的四元素說，盛行了一千九百年左右。直到十七世紀的中葉還通行着。到了十八世紀，一位煉金術家名叫海懿 (Jabir ibn Hayyan)，又提出一種學說，以為所有的金屬都是由二種原質做成，一種是水銀(汞)，一種是硫黃，不過每種金屬中硫黃與水銀的比例不同而已。後來，煉金術家又增加了第三種原質食鹽；他們的意思，或者並不以為各種金屬真正是由水銀，硫黃，食鹽這三種物質所組成，他們以為人有身，心，精神這三部分，物質必也有三部分，水銀，硫黃，食鹽這三個名詞祇不過代表物質的那三部分而已。

凡·黑爾蒙特

後來又有一位比利時的煉金術家名叫凡·黑爾蒙特 (Van Helmont)，他把希臘人的及以前煉金術家的學說完全推翻，回復到早前的一種希臘思想。照他的意見，以為水才是造成萬物的元素。他的一種證明如下：他拿一支重量五磅的小楊柳樹，種在二百磅的泥中，每天灑些水，五年之後，連根拔起來，重量已是一百六十九磅了。把那些泥土稱一下，所減少的

祇不過二兩。於是他結論道：所增加的一百六十四磅，是完全由水變成的。——從這一種例子可以看到那時凡·黑爾蒙特還不知道所增加的重量，是從空氣中得來的。但是也可以知道那時代對於科學研究的動向怎樣：完全理想的時代已經過去了。各個國家的人民，都是努力的在他們實驗室中工作着，他們不願單靠理想去創立學說，他們要找尋一些事實來開發學說。

古人對於燃燒的解釋

人類對於火，燃燒，及熱的現象，早就很注意了。原始的人發明了火，不久之後，就應用它燒煮食物，後來又應用它製造各種粗陋的東西。至於那些煉金術家，在他們的試驗中是常用到火的，所以有些人便解釋物質的燃燒究竟是怎樣一會事，但是他們的解釋祇不過是一些猜測，他們不曾懇切的去找尋它的真理。不過當時也有一個人，完全靠着機會，差不多造成了真正的發現，他發覺當一陣風吹到灼熱的煤上，煤便發火燒起來，拿一些硝石粉放在煤上，也會發生同樣的現象。所以，他說，“硝石和空氣是有關係的，彼此必有一些相同的地方。”我們現在知道，硝石和空氣的助燃力，因為這二種物

質中都含有氧的緣故，所以這一位先生碰着運氣而獲得的意見，實是符合近代的學說的。但是那時候沒有一個人跟着他研究下去，因此對於燃燒的究竟，是仍舊沒有合理的解釋。

培赫的學說

將近十七世紀中葉的時候，也有許多人嘗試着解決燃燒問題。一位德國化學家，名字叫做培赫 (Becher)，他以為燃燒的發生，祇不過把物質分成二種或二種以上不同物質的一會事。這實在就是由那古老的“汞，硫，鹽學說”改變而成的新說法。他說：

“一切能燃燒的物質，都含有一種能燃燒的原質，稱為“退那品極”(Terra Pinguis, 一種脂狀的泥土)。譬如磷燃燒的時候，本來在磷中的“退那品極”即逃逸了出來；至於燒後剩下來的白色固體，就是沒有脂狀泥土後磷的本身。”

他的學說不僅能應用在普通情形的燃燒，就是像銅及鉛那種金屬的鍛煉，也很適用。銅加熱時，變成了黑色的粉末，據他的意見，這種黑色的粉(銅的灰燼)，即是銅減去它的脂狀物質後所得的剩餘物。

斯塔爾和燃素說

培赫有一個學生，名叫喬治·挨恩斯特，斯塔爾 (George Ernst Stahl)，他的名字很出名，並不是因為他有甚麼發明，祇因為他提出了一種燃燒的學說。他的學說盛行了一百多年，化學因此間接得到了巨大的進展。斯塔爾的學說，實在就是把他業師的學說改良而成的。照斯塔爾的說法，像煤，木材，油等物質的燃燒，都因為每種中各含有一種可以燃燒的物質，稱為燃素 (Phlogiston) 的緣故。所以一切可燃燒的物質都可當做一種化合物，其中的一種成分即是燃素，當燃燒的時候，燃素便從那物質中逃逸出來。譬如蠟燭的燃燒，蠟燭的火燄即可表示燃素的逃逸。那麼燃着的蠟燭放進空氣有限制的地方，蠟燭不久就會熄滅，這件事實斯塔爾怎樣解釋呢？他的解釋是這樣：“當空氣對於燃素飽和了的時候，便不能再吸收燃素，於是蠟燭中的燃素祇得停止了它的放逸，火燄便消失了。”

金屬加熱之後所變成的粉稱為卡而克司 (Calces)。這種金屬粉，斯塔爾以為因金屬失去了它原有的燃素而形成的。所以金屬中也必含有燃素及卡而克司二種東西，金屬也可說是一種化合物。

斯塔爾還說明動物的吸呼，祇不過是另一種的燃燒。呼吸的時候，身體裏面的燃素逐漸的搬運到空氣中去，所以體溫能夠保持。空氣關閉的地方的所以不能活命，也是因為空氣已飽和了燃素不能再吸收的緣故，一切完全和蠟燭在這當中燃燒所遇到的事一樣。

外表是欺騙的

在表面上看起來，這學說似乎非常有理。例如，當鎂燃燒的時候，鎂的火燄好像告訴你真的有一些東西洩逸出去，燒完之後，剩下一種軟的白色固體。又好像暗示你，鎂真已失去了一部分。但是那時代的人不曾留意“外表是欺騙的” (Appearances are deceptive) 這諺言。這諺言實在應掛在每一間科學實驗室的牆壁上，使那些青年科學家深深的記在心中。斯塔爾的失敗和那些先進者的失敗完全相同——他雖提出一種學說，但並不曾注意到事實，也不曾做過關於量的實驗。

對於燃素說的二種疑難

許多化學家都立刻信從斯塔爾的燃燒學說，並且拿它來解釋他們所知道的化學現象。他們附會得非常好，他們在實

驗中所發生的許多變化，都能很適當的用此來解釋。但是有二種現象，卻很難於解釋。第一，就是火油燈或蠟燭在封閉的空間不久就要熄滅這一會事。上面已經講過，斯塔爾說這是因爲空氣中已飽和了燃素的緣故，但是話雖這樣說，始終沒有相當的證明；祇不過對於此種現象的一種理想罷了——一種對的解釋那裏可以無憑無據呢！這簡直是想出一些話來湊合學說，而不是找尋一種學說來適合事實！但是那時的人們差不多全被燃素說遮住了他們的眼睛，雖然事實放在他們的前面，他們再也不能看見。

第二種使人懷疑的地方似乎更重要一些。化學家都知道，金屬燒熟之後，重量是增加的；例如，銅燒過之後所得到的黑粉，比原來的銅要重。這事實和燃素說顯然非常不符，假如銅受熱的時候，真的有一種燃素洩出，那麼黑粉的重量，必定比原來的銅要輕，決不會像實驗結果那樣比原來還重。燃素說的信仰者又把這種事實這樣解釋，他們說燃素是有負的重量的，那即是說，不能增加重量，反能減輕重量。金屬像一塊和軟木塞連合在一起的石塊，所以能浮在水的面上，石塊可說是卡而克司，軟木塞即代表燃素，當木塞和石塊分離的時候，石塊就沉在水底，好像比較未分離前要重似的。所以金屬加

熱，燃素洩出之後，剩下來的卡而克司反比原來的金屬要重。這種想入非非的解釋祇有一種缺點，但是致命的缺點，那即是不能證明。沒有實驗的證明可以作為憑據！

燃素說沒有勁敵

雖然燃素說有許多缺點，但因為沒有更好的學說可以替代的緣故，燃素說竟被所有的著名化學家相信了很久很久，直等到人們曉得應該先研究事實，再建立學說之後，燃素說纔被大家所拋棄。那時候造成了許多進步，並且完成了十八世紀末尾化學革命的準備工作。雖然沒有甚麼重要的發現，但是許許多多的知識集中起來，使此後的化學家，可以把他們的問題，安放在比較可靠的基礎上面。

若·累的意見

若·累 (Jean Rey) 是一個法國的醫生，在1630年，即是斯塔爾提倡他著名的元素說之前，他研究金屬的煅煉問題，發現錫與鉛加熱之後，重量較前增加。他以為這種重要的增加是因為空氣之故，他說，空氣受熱之後，即凝縮起來，並和金屬連在一起，於是重量便增加了。增加到某一地步，金屬對

於空氣已經飽和，於是煅煉只得停止。他還舉了一件類似的事實，說，溼的砂比乾的砂要重，因為小的水點依附在砂粒上面的緣故。累氏以為空氣對於金屬的煅煉必有相當的作用，實在比信仰燃素說的學者是高明得多了。

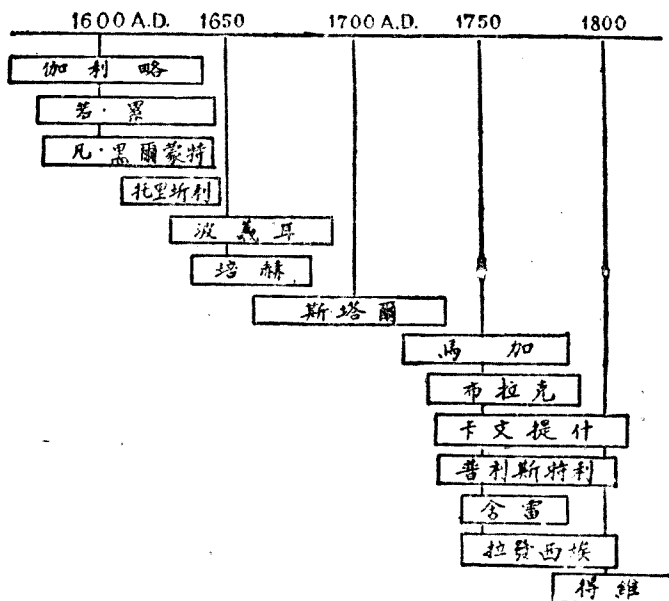
波義耳又有一種新的意見

波義耳 (Robert Boyle) 這名字是大家知道的，因為他曾發現了一條物理定律，這定律就稱為波義耳定律。波義耳也曾發現金屬的卡而克司比金屬的本身要重，但是他卻以為金屬加熱之後，熱的質點鑽進了金屬，所以使卡而克司反而較重。依他的意見，以為熱是有重量的。他的這種思想，可在一本著作“火和燄”中看到。別的化學家也有幾位相信此種意見。等到後來，有一個人做了一次簡單的試驗，他把物體在冷的時候稱一下，再在熱的時候稱一下，發覺重量並未變化，由此可見熱並沒有重量，所以“卡而克司”不能說是金屬與熱量的混成物。到那時候，他們的信仰，才有些改變過來。

羅伯特·虎克差不多發現了真理

羅伯特·虎克 (Robert Hooke) 是和波義耳同時代的人，

並且還會幫着他做實驗。在上面已經講過，有一個煉金術家，發現一塊燒紅的煤，吹一陣風或加一些硝石，都能使他發火，所以空氣及硝石對於火的作用非常類似。1674年虎克又發現這大家忘懷了的現象，並所得的結論與從前煉金術家的結論相同，即是說，空氣和硝石有一種相同的作用——都能夠



。圖 8 十七十八兩世紀的著名化學家

幫助燃燒。後來他又說，空氣的某一部分，在硝石當中也必存在着，就是這一部分，在燃燒的時候非常活動。

約翰·美奧附和虎克

大約十年之後，另有一位英國化學家，名叫約翰·美奧 (John Mayow)，又得到了和虎克同樣的結論。他說燃燒所依靠的，並不是空氣的全部，而祇有其中較活潑，較狡滑的一部分，這一部分的空氣應稱為‘硝氣’ (Nitrous air)，因為在硝石中也含有的。

現在所提到的這二個人，對於燃燒的意見，差不多和現在的解釋相同了，他們雖靠着運氣發現了真正的理論，但是在征服其他的學說，使其他的人也信仰他們的思想這一方面，顯然是失敗了；因此他們所做的工作差不多全被人忘懷。直到一世紀之後，人們才發現他們的理論並沒有謬誤。假如當時他們能夠繼續研究下去，當然可以比後來的發明者先成功了。

一百年之後

美奧獲得他的結論之後，到後人又做關於燃燒問題的實

驗而獲得真正的結果的時候，其間相隔整整的一百年。這一個時期中大家也都生氣勃勃，他們把新鮮的腦袋和大大改良後的實驗方法應用在化學的上面，你讀下去的時候，即可明白那時的進展是多麼的偉大！有一位化學家名叫拉發西埃 (Lavoisier)，關於他的一切，在下一章中會更詳細的講到。他在倒置於水上的玻璃鐘中，煅煉鉛與錫。他想應用這個方法，看出金屬煅煉後空氣容積的變化。金屬和空氣的重量，他早已知道的，實驗終了的時候，他又把煅煉所得的卡而克司的重量和剩下來的空氣的重量都稱一下，他發現空氣所減輕的重量，剛巧和金屬增加的重量相等，於是他得到了一種結論，說：“在煅燒的時候，空氣中的一部分和金屬化合。”後來又做了許多類似的試驗，於是把燃燒這問題，真正完全解決了。

從前解釋燃燒現象的許許多多學說，當新的智識出現之後，便一種一種沒落了。當每種學說都以為對的時候，他們以他們的學說來解釋已知的現象，但和那些學說衝突的新事實發現之後，那些學說便無法存在，於是新的學說便產生出來。雖在現代，一切我們所知道的知識，將來是否還要修改過，真誰也不敢肯定；這幾年來有許多重要的發現，都是和我們本來的意見非常奇怪的矛盾着。

第 四 章

燃 燒 及 生 銹

在未把歷史上化學的進展情形講下去之前，在此我們先要討論一二種在實驗室中常做的實驗。

鐵的生銹——古時的學說

在有史以前人們就知道了鐵這種物質，將鐵露在空氣中就會生銹這一件事，人們也早已發現，古時的人也曾考慮過生銹的原因，但是他們總以為這是神祕的作用。在紀元前四世紀的時候，一位希臘的哲學家名叫柏拉圖，他說：“當鐵生銹的時候，鐵必消失某種物質。”但是“某種物質”究竟是甚麼呢？他卻沒有說。從外表看起來，柏拉圖所說的似乎很對，鐵生銹的時候，真的好像在那裏漸漸的消蝕下去。至於那些煉金術家，雖然應用鐵的時候很多，但是他們忙着試製黃金，所以不會研究鐵生銹變成棕色粉末的原因。直到十七世紀才有

幾位化學家，如波義耳等等，把他們的注意點移到鐵的生銹這一件事上面去，他們的結論是以爲“空氣中含有一種能腐蝕的臭氣”的緣故。這種意見之中，含有柏拉圖的思想，柏拉圖說，鐵生銹後，鐵是腐蝕消耗去了；波義耳和其他的人說，空氣有一部分東西能使鐵腐蝕消耗，所以二種說法，實在有些相同。到後來，燃素說盛行，人們依燃素說的說法，說：當鐵生銹的時候，祇不過失去了它所含有的燃素罷了。

那時許多關於鐵生銹的理論，都沒有實驗的證明作爲後盾。所以這一種的解釋並不能稱爲解釋，祇不過些純粹理想的結論罷了。就算當時有人做了一些實驗，因爲不注意“量”的問題，所以也是淺薄得不可相信的。我們在化學史上可以知道：實驗時若能注意量的問題，即可避免古時研究家因此而失敗的許多錯誤。那麼研究鐵的生銹的時候，第一個問題要問的，當然也應是：“當鐵生銹的時候，重量變化嗎？”

鐵生銹的時候重量變化的

假如拿一些鐵屑，先把它的重量稱一下，再放些水在上面使它潮溼，並讓它慢慢的生銹。等到鐵變成銹後，把鐵銹烘乾，再稱一下它的重量。這樣，你就可以發現，鐵生銹後的重

量比未生鏽前要重。這個事實，立刻把從前人說鐵生鏽後必消失一部分的學說打倒了。那麼現在，我們急於要問，這增加的重量究竟從那兒來的呢？祇有三種物質和鐵接觸着，那即是空氣，水，和那個盛這些物質的小缸，最後的一種，可以在實驗的前後各稱一次，而證明它的重量並不會變化，那麼鐵生鏽時所增加的重量，必是這樣或從空氣取得，或從水中取得，或者在二種當中各取一部分。

所增加的是否由空氣中取得的

若要問所增加的重量是否從空氣中取得，可以先拿一些潮溼了的鐵屑，放在一只玻璃瓶中，將瓶倒放在水中，使瓶口在水的下面。這樣做的意思，即是想從廣大無限的空氣海中，採取一部分的空氣，使鐵在這有限的空氣中生鏽，鐵生鏽後空氣體積的變化，可從瓶中水面的高低看出來。一切是這樣佈置好了，到明天再去觀察，你即可發現瓶中的水面是上昇了，水面的上昇即表示瓶中的空氣已經用去了一部分，所以鐵生鏽所增加的重量，至少有一部分是從空氣中取來的。換句話說，鐵必係和空氣或空氣中的某種物質結合才造成了這種生鏽的現象。你假如把上昇的水的高度量了下來，到

第二天再去觀察，即可發覺水是依舊在上昇着。如你天天繼續的觀察，那麼到某一天，一定又可發覺水的上昇是停止了。對於這一會事有二種可

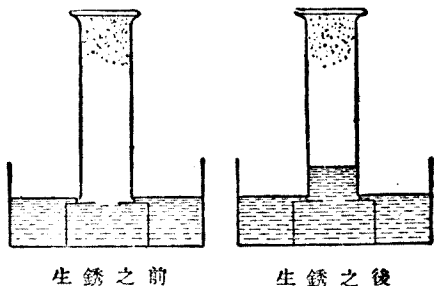


圖 4 生鏽的前後

能的解釋 或者所有的鐵業已全部生鏽，或與鐵結合而使鐵生鏽的祇有空氣當中的一部分，而這一部分，現在已全部用完了。

鐵已全部生鏽了嗎

要解決這問題是很容易的，祇要把瓶中剩下來的空氣除去，換一些新鮮的空氣進去，過幾天再去觀察一下，瓶中的水面有否上昇就得了。若你試驗所用的鐵屑量並不過少，則調換新鮮空氣之後，水必仍能上昇，並且上昇到上次停止上昇的那個地方，又再停止上昇了。這告訴我們，調換了新鮮空氣之後，鐵還能夠繼續的生鏽，所以上次水的停止上昇，並非因為鐵已全部生鏽的緣故。水總是上昇到那一個地方為止，這

明顯的告訴我們，鐵必須和空氣中的某一部分結合，才能生銹，當空氣中所有的這一部分完全用去之後，鐵便無法生銹，水也祇得停止上昇了。若把這二次實驗終了後，瓶中上昇的水的體積，和瓶中原有空氣的體積都計算且比較一下，可知上昇的水的體積，祇有瓶中原有空氣的體積的五分之一。那即是說，能夠和鐵結合，使鐵生銹的祇有整個空氣的五分之一。假如把一支燃着的蠟燭放進這剩餘的五分之四的空氣裏去，蠟燭就會立刻熄滅，所以剩下來的五分之四，決不是普通的空氣。

這一個實驗告訴我們二件重要的事：(1)鐵的生銹，是鐵和空氣中的一部分所發生的結果，這一部分的體積，是整個空氣的五分之一；(2)空氣中至少含有不同性質的二部分，其一部分，是鐵生銹及燭燃燒所必需的，其他一部分則和這些變化沒有作用。

鐵必需水方能生銹

普通的經驗告訴我們，鐵一定要在水汽存在的地方，才能生銹。假如把一隻擦亮的鐵釘，放在完全乾燥的空氣中，鐵釘仍可保持着光亮，所以單獨空氣，不能使鐵生銹，鐵生銹的

時候，水和空氣是一樣必需的。因此鐵生銹時所增加的重量，一部分固從空氣中得來，還有一部分必從水中取得。

生銹的預防

若要預防鐵的生銹，應使鐵不要和空氣及水接觸。要達到這個目的，可用一種和空氣及水沒有作用的物質，塗在鐵的外面。像漆，珐瑯，鎳，鋅，和錫等都是和空氣及水汽沒有作用的物質。普通所謂錫盒，其實是鐵做成的，不過鐵的外面薄薄的塗了一層錫罷了。

汞的生銹

汞在某種狀況之下也能生銹，可不是大家都知道的事了。汞是做實驗時常用到的一種物質，它的外表非常光亮，和銀一樣，從來沒有見它生過銹，關於這，是因為汞不能在平常溫度之下生銹的緣故，若是把它加熱，使汞的溫度和它的沸點相近（它的沸點是 357°C ，普通可加熱至 350°C 左右），並且一直保住着這溫度，那麼幾天之後，一層近乎黑色的浮渣，慢慢的生成在汞的表面了，再把全部冷卻，它又會變成紅色的粉末。這紅色的粉末，可說即是汞的銹。

古時的學說

在紀元前三百年的時候，汞已被人類發現，因為它形狀的緣故，那時稱它爲水銀 (Liquid silver)。後來又稱謂 Quic-ks silver (Quick 這個字是活的意思)。古時的煉金術家，在研究哲人石的製法的時候，常常應用到汞這物質，汞在某種溫度能夠生銹這事實，他們也早已發現。不過他們以爲汞的生銹是因爲存在於汞當中的溼氣逸去了的緣故，汞中的溼氣既已失去，所以汞即變成一種紅色的粉，我們知道汞中並沒有甚麼溼氣，所以這種解釋自然是錯誤的。後來，他們又以爲汞的生銹，是因爲汞的靈魂的飛散的緣故，生銹後所變成的粉末，他們說是汞的軀殼。燃素說盛行的時候，他們又以爲汞的生銹是因爲失去了燃素之故。

拉發西埃的實驗

十八世紀法國著名的化學家拉發西埃做了一次著名的實驗，拉發西埃這名字，在前一章中已經提到過了。他將些汞放在曲頸瓶中，瓶的口伸於倒放在水銀槽中的玻璃罩裏。他把瓶中的汞加熱使它的溫度剛在它的沸點之下，並繼續的燒

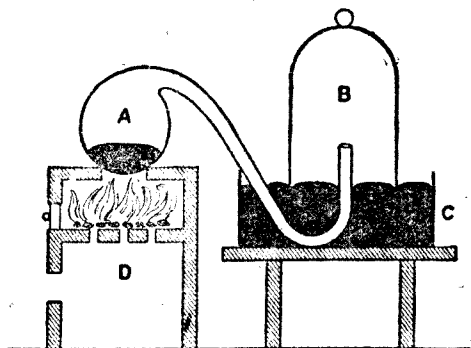


圖 5 拉發西埃用汞實驗。A 為盛有汞的曲頸瓶；B 為含有空氣的玻璃鐘；C 為盛汞的槽；D 為木炭火爐。

了十二天。開始加熱後的第二天，他看見瓶中汞面上發生了一些黑色的疵點，再過一天，疵點更多，一天一天的燒下去，汞面疵點的數目也一天一天的增加起來，但是燒了四五天之後，汞面疵點好像不增加了，此後一直燒到第十二天，汞面疵點始終沒有增加一些，同時還有一件奇怪的事，疵點開始出現的時候，那面水銀槽中的水銀就開始昇到玻璃罩裏。當疵點的停止生成之後水銀也就停止上昇。拉發西埃就從這一點着想，他說汞生鏽的時候，必要需用一部分的空氣，他並算出這一部分已用去的空氣的體積，是罩中原有空氣的五分之一。而那些剩下來的空氣，是不能助燃的。

磷的燃燒

在十七世紀之前，還完全不知道世界上有磷這元素的存在，到了1669年纔被布蘭特 (Brandt) 及漢堡 (Hamburg) 所發現。磷的英文名字是 Phosphorus，這字的意義是發生光的東西，它之所以叫這個名字，因為它在黑暗中能夠發光的緣故。把磷露在空氣中就會發生白煙，實在就是它燃燒所發生的現象，磷是很容易燃燒的，所以平時必須浸在水中。要拿取它的時候，也不能用你的手指去拿取，否則，就會猛烈的燒起來。

在商業上磷的最大用途是製造火柴。磷製的火柴在十九世紀的中葉才初次出現，但磷是有毒的，所以火柴廠的工人都有一種奇怪的疾病，稱為磷毒性頰疽 “Phossy jaw”。到後來，他們改用一種硫與磷的化合物來製造火柴，這樣，上述的缺點就可避免了。現在的安全火柴中簡直並不含有磷，但是應用時，必須在火柴盒邊上的那塊棕色紙上擦一下，這棕色的紙，卻塗了一層含磷的物質。

從前的人，都以為磷是燃素和他種物質的化合物，但是拉發西埃卻證明它燃燒的時候，並沒有消失燃素或其他任何

物質。燃燒後的重量非但沒有減輕，反是增加。他將磷放在空氣有限制的地方燃燒，像他實驗汞那樣的實驗一次。他證明磷燃燒後所增加的重量，恰和空氣所減輕的重量相等。

所得到的結論

這種種實驗，證明物質燃燒，或金屬在空氣中生鏽的時候，必在空氣中採取了某種物質。並且各種物質燃燒或生鏽時所採取的，都是同一的某種物質，因為在每種情形之下，都是用去在空氣中占有五分之一的那一部分，而剩下來的五分之四，都是既不能助燃，又不能維持動物的生命。因此可知，空氣中至少含有二部分：一部分，是燃燒及呼吸所必需的；而他一部分，則與這種作用沒有關係。我們下一次的功課，便要把空氣中五分之一的這一部分分離出來，並且研究它的性質。

第 五 章

氧 的 發 現

普 利 斯 特 利

普里斯特利 (Joseph Priestley) 是 1733 年在近黎芝 (Leeds) 地方出世的。他出身很低微，他的父親是一個縫補衣服的工人，常常在他的家中做他的工作。當普里斯特利七歲的時候，他的母親死了，以後便由他的姑母帶領他。十二歲至十三歲，他到學校裏去念書，除了學習拉丁文和希臘文外，他常利用他的假日，跟一位牧師學習希伯來文。在十六歲的時候，他生了一場大病，這次的病非常厲害，病愈數年後，他還常覺到這場病遺下來的痛苦。但就在這時候，他不靠先生幫助，自己學習法文，意大利文，和德文。

他所受的教育，是準備他做一個教會的牧師的。當他生病的時候，他曾暫時的拋棄了那種宗教的思想。不過當他的病相當復原之後，他依舊研究他的神學了。他是一個口吃的

人，他以爲這一個缺點，能喪失他做牧師的資格，但是他忍耐着，雖然，他是永不能變成一個漂亮的演講家，但他還想跟了時輪的轉動，慢慢的改進這一點。

後來，他開始宣道了，可是他沒有特殊的成功，因爲他所發表的意見，是和耶穌正教的意義矛盾的。他在各處設了幾個學校，都是自己擔任校長的職務，那時校長的薪水是那麼少，每處祇有四十磅一年。其中有一個學校，他記載着：“那邊，我自早晨七時辦公到下午四時，除了一小時的午飯之外，一些也沒有閒閑的時間。除了他們所謂的佳節外（Red-letter day），無論什麼原因，我都不放假。”從這一點可以知道普里斯特利的學校，並不是平凡的學校。

他怎樣和科學發生關係

普里斯特利著了好幾本關於理論的書籍和小冊子。在他的一生中，他是永不廢棄他的研究工作的。他的科學研究，是因爲有一次，和法蘭克林博士（Dr. Franklin）會見之後才開始的。法蘭克林因爲研究電學的緣故，那時早已成名了。他受法蘭克林友誼的薰陶，寫一本“電的歷史”，這是他第一次的科學工作。從此之後，他以更多的時間費在科學的上面，對於

化學所費的時間最多。他常作種種氣體的實驗，因此他發明了現在大家知道的集氣槽，這是很簡單的一種儀器，但是沒有它，我們實驗氣體的時候，有許多地方就不曉得怎樣才好了。粗陋的集氣槽，從前化學家斯提文·嘿爾茲 (Stephen Hales) 早已應用過了，但普利斯特利把它改成近代的形狀。

他的特性

普利斯特利的實驗，往往不講究整潔的。他集氣槽中的水，有時幾個星期纔更換一次。自然，這種情形會妨礙他實驗的結果。並且他的研究方法也沒有一定；他不為某種特殊問題的研究，先設計好一定的步驟，再一步一步的實驗下去。他的實驗，都是由他一時的興趣而定的。然而這一種不合理的方法，對於普利斯特利的工作一無損害，許多別的實驗者，雖然做着和普利斯特利相同的實驗，但是始終不會有些發明。而另一方面，普利斯特利，卻發明了許許多多的科學智識。他有那種天才，能把握着他的實驗對於那時的智識的關係。

氧的發現

普利斯特利的名字，現在是全球聞名了。主要的原因，因

爲他在 1774 年的時候，發現了氧。他本人對於這事的記載和說明，現在節錄在下面：

“找到一塊凸透鏡之後，我便非常快樂的去進行我的實驗了。假如把各種不同的東西放在一隻充滿了水銀的瓶裏，再把那瓶倒放在水銀槽中，應用凸透鏡，使太陽的溫度集中在那物體上，我不知道從那種東西裏，能取得一些甚麼樣的氣體來。做了許多實驗之後，我想從 *Mercurius calcinatus per se* (水銀的銹，即三仙丹) 中，提出一種空氣(氣體)來。我非常快樂的感到，應用那個凸透鏡之後，竟發生出了許多的氣體。獲得了比我所用物質之體積的三四倍的氣體之後，我取一些氣體，倒一些水進去，看見這氣也不能和水混和(這氣不能溶解)。但是使我更奇怪得說不出來的，即是當一支蠟燭在這種空氣中燃燒的時候，能發生一種非常光亮的火燄。這種奇怪的現象，我是完全不知道怎樣解釋才好了。”

除了在這種新的氣體中作燃燒蠟燭的實驗外，他還拿一隻老鼠放在充滿這種氣體的瓶子裏，他發現老鼠在這種氣體裏生活，比在普通空氣裏要多二倍的時間。於是他把這氣體吸到自己的肺裏，並且說：“胸中覺到特別的輕爽與舒適。”

普利斯特利在沒有應用煤氣作爲燃料，以實驗熱對於種

種物質的作用之前，他那新找到的凸透鏡，當然是將物質加熱的最好儀器了。他用這儀器實驗，有時候得不到甚麼結果，有時候，所得到的結果是早已知道了的。祇有實驗三仙丹粉的時候，他獲得了一種性質非常奇怪，從來沒有人知道過的新氣體。他嘗試的解釋他所遇到的事，他說：“這種氣體，祇不過是非常純粹的普通空氣罷了。至於汞能生鏽，汞的鏽（三仙丹）又能變回成汞這件事，是因為汞受熱的時候，失去了它的燃素，而所失去的燃素，必走入空氣之中；當三仙丹受熱的時候，則汞所失去的燃素又能從空氣裏再回到三仙丹裏來，又成功了汞。所以在三仙丹變回汞時所發生的那種‘空氣’是已經失去了它的燃素的空氣，應該稱謂‘無燃素的空氣’ (Dephlogisticated air)。但是沒有幾年之後，人們即以近代的名詞，氧(Oxygen)稱呼它。

此後的工作

普利斯特利繼續做他的化學實驗，做了許多年。對於種種物質，做了許多重要的研究，那些，在此是不需要寫出來的。但是他是燃素說的信仰者，他把他研究所得的一切現象，都應用燃素來解釋。他固執的迷信着這種錯誤的學說，一直

到他生命終結的時候。我們應知道化學不過是他的一種嗜好，他最初是牧師，後來才是科學家，他以餘暇的時候來研究，但是他對於科學進展的幫助，比上下古今許多專以科學爲一生主要事業的人還要偉大。在此順便提到幾件有趣的事。在普利斯特利的一本著作上，可以看到，第一次應用樹膠做的橡皮，擦去鉛筆字跡的人就是他。發明汽水的人也是他。

普利斯特利的晚年，雖然並不怎樣的不佳，但總不是榮耀的。在法國大革命的時候，他住在北明翰 (Birmingham)；有人告發他同情於革命，所以他的教堂，及儲放儀器書籍的房屋都被那般暴動的民衆付之一炬。因爲他朋友的援助，他總算逃出了性命而到了倫敦；不久之後，他又遷移到美洲，十年後就死在那邊，那時他是七十一歲。

舍 雷

發現氧的榮譽，應該由普利斯特利和卡爾·威廉·舍雷 (Karl Wilhelm Scheele) 二個人平分才對。舍雷是1742年在瑞典出世的。當少年的時候，在哥頓堡 (Gothenburg) 拜一位藥劑師爲師，跟他學習了八年。在那時候，他讀完了他所能得到的一切化學書籍。並且應用他環境中那些有限的儀器，

做了許許多多的實驗。其後，他遷移到烏布薩拉 (Upsala)，他一生中大部分重要實驗，都是在那邊做成的。

舍雷雖然在四十三歲就死去，但是沒有誰能夠像他那樣，有這麼多重要的發現。其中最使我們不能忘懷的，就是氧的發現。他的發現和普利斯特利的發現，彼此都是獨立的。事前他全不知道普利斯特利的發現。並且，雖然到了普利斯特利把他的發現公布之後，他才把他的發現經過印出來，但事實上，他的發現是1771年完成的。舍雷對於氧的發現應得的榮譽，實在應比普利斯特利所應得的多一些，因為前者所得到的結果，並不是得於偶然，而是獲得於一組仔細計劃過的實驗終結之後的。普利斯特利的實驗，預先往往沒有特別的目標，而舍雷的實驗卻是向着一定的目標進行的。這也是他能特殊成功的一個理由。

他怎樣發現氧

舍雷也是燃素說的忠實信仰者，並且常和別人爭論，說，若把某種含有燃素的物質，放在空氣有限制的地方燃燒或使生鏽，則此時所發生的燃素必飛入空氣之中，所以我們一定能夠將這種燃素收集起來以作實驗之用。他做了許多實驗，其

中之一即是平常我們在學校中所做的：那即是把鐵屑放在倒放在水上含有一定體積的空氣的瓶中，讓它生起銹來。當鐵生銹之後，他發現瓶中空氣的體積減少了，而且剩下來的氣體又不能夠維持燃燒。這樣看來，生銹的時候，沒有甚麼東西飛到空氣之中去，反是從空氣中拿了一些東西出來。後來他用不同的物質做了十六種不同的實驗，於是他結論道：“空氣可以分成二部分：一部分能維持燃燒，他一部分則不能。能維持燃燒這一部分可稱為火氣 (Fire-air)。其後，他又從數種不同的物質中製得火氣，有幾次是從硝石和汞銹中得來的。用不到講，舍雷的火氣，當然和普里斯特利的無燃素空氣是同一的氣體。這種氣體，現在我們稱為氧。

假若普里斯特利或舍雷自己能知道他自己的發現的重要性，那麼他們必非常驚疑了。但是因為當時的知識有限，並且某人發現了某種事實，其他的人也並不去解釋這種事實，所以他們一些也不會驚奇。依我們想起來，當氧發現之後，燃燒這問題，總可完全解決了。但是他們二人中

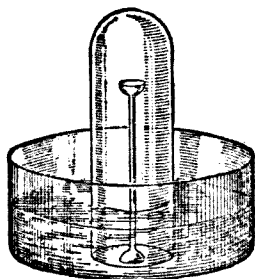


圖 6 鐵的生銹·舍雷試驗時用具。

沒有一個把這問題解決。或者他們根本不相信這是一個問題，在他們的心目中，燃素說是燃燒這問題最適當的解釋了。普利斯特利和舍雷，及其他還未提到的人的發現，命中註定着要經過他人的手掌才能成爲近代化學的基礎。

第 六 章

拉 發 西 埃

物 理 學 的 進 展

十七世紀是物理學的歷史中的一個重要時代。意大利的托里拆利(Torricelli), 德意志的葛利克(Guericke), 法蘭西的巴斯加(Pascal), 英格蘭的波義耳和牛頓(Boyle and Newton), 他們替物理學造成了極大的進展, 加之氣壓計, 望遠鏡, 抽氣機, 溫度計等等的發明, 替未來的發明家鋪平了一條道路。

化 學 的 奇 特 時 代

至於化學的轉機, 卻比物理學更爲明顯, 但是時候卻在十八世紀。下面是生長在這世紀中的五位著名化學家, 可以看出有四十二年時間, 他們是同時存在着:

布拉克 (Joseph Black)..... 1728—1799

卡文提什 (Henry Cavendish) 1731—1810

普里斯特利 (Joseph Priestley) 1733—1804

舍雷 (Karl Wilhelm Scheele) 1742—1768

拉發西埃 (Antoine Laurent Lavoisier) 1743—1794

布拉克的名字，因為他研究潛熱及比熱的緣故，現在大家都知道了。他在化學中的工作，寫在第十一章中。普里斯特利與舍雷的工作，前一章中已經講過了。至於卡文提什有些甚麼發現，要到第十章中才可提及。這四個人可說是屬於一類的化學家，他們的發現對於未來的科學的關係都非常重大，但是他們都是被燃素說所束縛着，燃素說麻木了他們的感覺，使他們不相信他們自己的發現的重要性。這五位中祇有最後一位化學家拉發西埃，卻不被任何學說所束縛，以上的四位化學家把各種事實去湊合燃素說，而拉發西埃，卻先考察事實，然後想出一種理論去適合事實，所以表現出了真正的科學精神。

拉發西埃

拉發西埃是在巴黎出世的，他所受的教育非常良好，因此他立志要有一種合法的職業。很早他就把他的思想移注到科學這一方面，並且很早就得到了深固的科學智識。在二十

一歲的時候，他因為發明了一種使大城市的街道光亮的最好方法，所以法國的政府，獎給他一塊金牌。從這一件事上面，我們已可看出，拉發西埃一生中的工作是怎樣的精細與準確了。起先他並沒有把他全部的精神用在化學上面，後來因為普利斯特利，舍雷，及其他諸人的發現的誘惑，他便以化學作他的終身工作了。他一方面是科學家，一方面又是大商人。他繼續的賺了許多錢，因而成爲一個貴族。但是最後，他又完全破產了。

他對於法國的服務

在幾次事變的時候，他爲國家效了不少的力。那時候法國軍隊所用的炸藥是非常不良的。拉發西埃就研究這問題，結果把工廠中製造出來的炸藥，改良而成當時世界上最好的一種。法國革命時候，他在革命家所組織的更改度量衡制委員會中，擔任祕書及會計員二種職務，對於這委員會所產生的國際度量衡制的發展，他也有很大的功蹟。

他的天逝

當法國革命最後成功之後，因為拉發西埃是國庫的徵收

田稅官，那即是政府准許徵收國家稅收的財政官所組織的團體的一份子，所以被革命政府拘禁起來了。他的朋友，爲了他的學問及他在科學方面的工作，竭力的援助，但是革命政府所批下來的，是：“民主的國家不需要博學的人。”他在1794年上了斷頭臺。後來有一個科學家曾經說過：“拉發西埃的頭瞬息之間落了下來，但是一百年的時間也不能照樣的再產生一個。”

他對於燃燒的實驗

拉發西埃所做的主要化學實驗，是對於燃燒的研究。他做了這一實驗後，驅走了幾百年來在化學家腦中的固執思想，他最先認爲天平是一切化學研究中最重要的儀器。其他的人雖然也曾應用過天平，但是他們並不像拉發西埃那樣看得重要。布拉克雖然是例外，但是他的工作範圍並不十分廣大。我們知道，在拉發西埃那時代之前，已經知道燃燒或鍛煉後生成物的重量，比原來的物質的重量要重。但是拉發西埃更進一步，用實驗證明所增加的重量，等於燃燒時四周的空氣所減輕的重量。這個證明得到一種結論，即是物質燃燒的時候必從空氣中拿了一些東西出來。在第四章中已經講過，他曾

用汞做實驗，而證明當汞生鏽的時候，能使封閉在儀器中的空氣的體積減少五分之一。當時他又用錫作同樣的實驗，在加熱之前，先把錫及儀器中空氣的重量稱一下，當燒煉完成之後，又把剩下來的空氣和卡而克司再稱一下，發現錫增加了重量，而空氣卻減少了重量。後來，他又想把燒煉後和各種金屬化合的那一部分空氣重行提煉出來，但是總不能達到他所希望的結果。在他進一步的研究之前，他需要在金屬鍛煉時所失去了的那一部分空氣。



圖 7 實驗室中的拉發西埃古版圖

拉發西埃和普利斯特利的會見

1774年，普利斯特利任舍爾柏恩伯爵 (Lord Shelburne)

的圖書管理員，及僚屬。那時他曾伴了他的東家到歐洲各部去旅行，在巴黎也住了一些時日。在那邊，他遇到許多著名的人物，拉發西埃也是其中的一個。普利斯特利和這法國的化學家談話，並且告訴他汞的銹加熱能得到一種非常特別的氣體那會事。拉發西埃一聽之後，沒有時間再重做這個實驗，立刻認為這便是可以解決燃燒全部問題的關鍵：這種氣體，必就是他曾想收集的那種生銹時所失去的空氣。他立刻結論道：“這種氣體，普利斯特利稱為無燃素的空氣，舍雷稱為火氣，必都存在空氣之中，並且在空氣中必占有五分之一。當汞受熱成銹的時候，汞即和這種氣體化合，汞的銹受熱的時候，則又發生出這種氣體。”後來他改稱這種氣體為氧(Oxygen)，至於那種剩餘的氣體，現在我們稱它為氮，那時他叫它為 Azote (沒有生命的意思)，這一個名字，法國到現在還應用着。

燃燒的新學說

拉發西埃費了十二年的時間，專心研究關於燃燒的一切現象。他非常小心準確的重做他自己及他人所做過的實驗。他時時刻刻依賴着天平。他證明的結論，大部分是從天平上產生的。他全部工作的結果，即是大膽的喚出，燃素祇不過是

一種神話，所以以此作根據的理論一定是不可相信的。同時，他又提出一種新的學說，說：物質的燃燒或生鏽，祇不過物質和氧結合所生的現象。依他的意見，汞的鏽卽是一種汞與氧的化合物，並不是像燃素說學者所說的，是一種失去了燃素的汞。磷燃燒的時候，也沒有失去燃素或任何物質，也祇不過和空氣中的氧化合而已。拉發西埃這種理論的產生，並非由純粹的理想，而是由可靠的事實。他不要研究一種性質捉摸不定的神祕物品來證實他的理論；普利斯特利所發現的氧，已足夠他全部的需要了。

但當時許多著名的人物都反對拉發西埃的思想。就是這新理論的根據品的發現者普利斯特利，直到他死去的時候，（發現氧三十年之後）還執迷不悟的拘泥着燃素說。他和其他的人，都不能從他們所信仰的不合理的理論中解放出來。然而最後袒護燃素說的學者畢竟逐漸的消失了他們和新學說爭辯的能力。所有講理的化學家，都來附從拉發西埃，從此對於燃燒的意見，沒有人再懷疑了。

物質的不滅性

在此還應提及拉發西埃對於科學的另一貢獻，那就是他

的物質不滅律。他說，物質雖然能夠變化，但是不能消失或毀滅。這可用簡單的實驗來說明：若是拿一些潮溼的鐵屑，放在完全封閉的瓶中，幾天之後，整個瓶和鐵屑的重量還和開始時完全相同。鐵雖變成了銹，鐵銹雖比原來的鐵重，但是在另一方面，空氣的重量卻比原來的輕了，所以整個的重量還是不會改變。物質是不能化爲烏有的。平常說物質的消失，祇不過改變成另一種形狀罷了。這是化學的基本定理之一。在實驗的時候，若專注意某種物質的消失或出現等玩意兒，這實驗並沒有甚麼價值的，因為我們始終不知道所發生的變化究竟是怎樣一會事，並且不能斷定和這類似的實驗，能否常得到同一的結果。

“近代化學之父”

拉發西埃沒有發現過一種新的物質，他一生的工作，祇不過把他自己的及他人的研究結果拿來解釋解釋而已。他把許多孤立的事實連合在一起，而說出它們相互的關係。例如，普里斯特利把汞的銹，或氧化汞加熱而獲得一種新的氣體，他自認無法解釋這種現象。但拉發西埃卻立刻知道，這種氣體必是當汞生銹的時候從空氣中得來的。拉發西埃工作的範

園，實際上比本章中所告訴你們的廣大得多。大家都承認他是當時最偉大的化學家。在那時代之前，沒有人夠得上和他比較。他真是一個奇才，他對於化學的功績是難以估計的，因為他推翻了燃素說，首創燃燒需氧的新學說，並且揭開了化學新世紀之幕，所以他真無愧的被稱爲“近代化學之父”。

第 七 章

空氣和它的成分

(1) 空氣是混合物

空氣是希臘人所謂“元素”之一

前面已經講過古代希臘哲學家所謂的元素，有一種就是空氣。他們以為任何物質中都含有空氣。凡·黑爾蒙特雖然在十七世紀的初葉曾一度推翻了這學說，但是後來仍舊通行了好久。因為當時的煉金術家對於這種問題並不以為重要。他們以為亞理斯多德曾這樣說，這必定是對的。這種盲目的信仰亞理斯多德，阻礙了當時科學的進展。非特關於元素這一件事如此，除此之外，亞理斯多德的許多結論，實在都沒有經過實驗的證明。

凡·黑爾蒙特對於氣體的意見

凡·黑爾蒙特雖不信希臘人的說法，以為空氣是任何東

西都含有的一種物質。但他也以爲空氣是一種單體。他可說是研究氣體的第一人，在他實驗的時候，雖然也曾發現性質與空氣不同的他種氣體，但是他想，這些祇不過含有雜質的空氣罷了；它性質的不同，也是因爲雜質存在的緣故。有一件很有趣的事，在此應該寫下，我們知道空氣的英文字叫 Air，氣體的英名叫 Gas，但古時候沒有 Gas 這字，一切氣體都統稱爲 Air，至於最初應用 Gas 這字的，就是現在所講的凡·黑爾蒙特。這字，他是從 Gahst 或 Geist 變來的，意義是精神。●但是他雖創出這新名詞，那時的化學家仍稱一切的氣體爲空氣 (Air)，譬如在他之後的一世紀中，普里斯特利的無燃素空氣 (Dephlogisticated air)，舍雷的火空氣 (Fire air)，實在都不是空氣 直到很久很久之後，人們才把這種錯誤的習慣改去。

波義耳對於元素的意見

波義耳對於推翻四元素說的工作，更做了一次較凡黑爾蒙特更重要的嘗試。他說：

“元素是一種簡單的物質，由這種簡單的物質，能組成較爲複雜的物質，複雜的物質也能分解成簡單的物質。”

這種意見，可說是元素的現代定義的雛形了但是波義耳卻茫然不知，根本他還不能確定世界上究竟有沒有真正的元素存在着。不過講一句公平話，我們應該記得他所處的時代，那時，還是找尋哲人石非常熱烈的時代。時代如此，他當然不能自由的形成他的學說。但是他用着尖銳的思想去研究化學，這一種精細的研究給予科學的賜惠真是很大。

拉發西埃對於元素的定義

對於元素二字最先有明確觀念的人，要算是拉發西埃。他對於元素的定義這樣：

“元素是一種物質，它不能分成更單簡的物質，並且沒有方法可使它的重量減輕，除了已經證明不合這個條件的物質外，任何物質都可當做元素。”

這真是一個單簡的定義，在現在都還採用着。假如將它稍微改變一下，即成：“一種元素，是一種不能再分解成他種物質的物質。”例如汞是元素，因為沒有方法能使它分解而成他種物質。在拉發西埃的時代，許多物質都是歸在元素這一類中，但是後來又發明了許多新的方法，可以使一部分物質再行分解，於是元素的數目就減少了許多；就是在現在，恐怕

還有這種同樣的情形。現在約有九十幾種不同的物質我們稱爲元素，但照最近化學研究的觀點看起來，其中有許多物質也許並不是元素呢。

空氣並不是元素

從元素的定義及拉發西埃等的實驗結果，很顯明的可以知道，空氣並不是元素。因爲它至少能分爲二部分，一部分是燃燒所必需的，一部分則在燃燒的時候並沒有作用。其實空氣中所含有的氣體還不止這樣二種，你們讀下去，立刻會明瞭，至於到甚麼時候才發現空氣並不是一種元素，真很難講。早有許多人做了許多可以明顯表白這種真理的實驗，但是他們不曾從這種實驗中獲得真正的結論。對於這問題最先有明顯思想的人還是舍雷，他曾做了一大組實驗，實驗的結果，使他發現了氧，證明了空氣中含有二部分，所以它不是單獨的東西。

證明空氣是混合物

假如空氣不是元素，那麼它必是混合物或化合物。我們可以用數種方法，證明它是混合物而不是化合物。(1) 化學中

有一條根據幾千次實驗的結果而決定的定律，即是同一種化合物中所含有的各種元素必永遠相同，各元素重量之比也必永遠一定不變。換句話講，化合物的成分是一定不變的。可是空氣不能適合這定律，假如拿各處採取來的空氣來實驗，便可發現它的成分並不絕對相同。相差雖然很少，但就是很少很少的一些差異，也足夠把空氣這物質擠出在稱為化合物這一類之外了。(2) 發生化學變化的時候，有時發生熱，有時吸收熱。現在，當氧和氮合成空氣的時候，並沒有這種現象發生，那即是氧與氮合成空氣的時候並沒有發生化學變化，因此這二種氣體是混合物，而不是化合物。(3) 一方面降低空氣的溫度同時又加壓力，可使空氣液化，而成一種淡藍色的液體。這種液體是沒有一定的沸點的。它在 -195°C 就開始沸騰，一面沸騰，一面又慢慢的升高溫度，直到 -182°C 時為止。假如拿它來蒸餾，那麼先蒸餾出來的差不多完全是純粹的氮，最後蒸出來又完全是純粹的氧。如說空氣是化合物，那麼它的液體必有一定的沸點，而蒸餾的結果，也不會把它的成分互相分開來。因此空氣必是混合物。(4) 空氣的性質，是它各成分的性質平均而成的。假如空氣各成分的密度已經知道，那麼空氣的密度也就可知道。如

一升的氧重 1.44 克

一升的氮重 1.26 克

1 升的空氣 = $\frac{1}{5}$ 升的氧 + $\frac{4}{5}$ 升的氮。

$\left(\frac{1}{5} \text{ 升的氧} + \frac{4}{5} \text{ 升的氮}\right)$ 的重量為

$$\left(\frac{1}{5} \times 1.44 + \frac{4}{5} \times 1.26\right) \text{ 克} = (0.288 + 1.008) \text{ 克} = 1.296 \text{ 克。}$$

從實驗求得一升空氣的重量也是如此。若說空氣是化合物，那麼它的密度和氧及氮的密度的關係決不致這樣簡單。

(5) 空氣與純粹的水振搖，也能溶解於水中，但它的溶解情形和一種單物質或化合物的情形不同，溶入水中的空氣的成分和普通空氣的成分並不相同，因為氧在水中的溶解度，差不多比氮多一倍，所以空氣的水溶液中空氣的成分，並不是像空氣那樣為一比四，而是一比二，

具備一種原因，已足夠證明空氣是一種混合物而不是化合物了。那麼合併起來，這問題還有甚麼懷疑呢？

第 八 章

空氣和它的成分

(2) 氧

所 在

在各種元素中，氧是分佈得最廣的一種元素，它在空氣中自由的存在着，依體積算起來，約占全體的 20.99%。它又和別種元素化合存在地球的各部分。我們四周許多天然的或人爲的變化，它總是直接的或間接的參加在其中。沒有氧的地方，即不能發生普通所謂的燃燒現象，人類的能夠生存，也是因爲繼續的從空氣中吸收氧的緣故。

製 法

普利斯特利及舍雷發現氧的故事，在第五章中已經講過了。拉發西埃所發明的與氧關係很重大的新燃燒學說，已在第六章中詳細講過了。我們可用數種方法製造這種氣體，

第一種，是把氧化汞加熱——普里斯特利發明氧時的方法。但是這方法需要很高的溫度，並且氧化汞中的氧僅有7.4%，因此，製造多量的氧，決不能採用這個方法的。在實驗室中比較便利的方法是把含氧39.2%的氯酸鉀加熱，而使其中所有的氧都驅逐出來。假如把氯酸鉀和一種物質叫二氧化錳混和再加熱，那麼氧的發生比較更快，並且所需的溫度也比單用氯酸鉀為低。二氧化錳雖能幫助氯酸鉀發生氧，但在作用完畢之後，它自己依舊不會變化；作用後二氧化錳的重量，和開始時的重量也完全相等，所以它在這作用中的地位是難予解釋的。照它的名稱看起來，二氧化錳也含有氧，但是除了用很高的溫度外，平常不能把它所含的氧逐出來的。在這方法中，全部的氧都是從氯酸鉀中分解出來的，所以作用終了的時候剩下來的物質是氯化鉀和二氧化錳，二氧化錳始終不會變化。像二氧化錳那種物質，雖能增加或減低化學作用的速率，而自己，直到作用終了的時候，也沒有甚麼化學變化發生，這種物質，稱謂催化劑（又名接觸劑）。

商業上的製氧法

以上所說的都是實驗室中製氧的方法，為着實驗的目的

而製備少量的氧，這些方法確是非常適用了。但是全世界對氧的需要並不如此簡單，所以更經濟一些的方法也很重要。1886年有人發明了一種製造大量氧的方法，稱為布林法(Brin's process)。在四十幾年以前，發明將一氧化鉬(Baryta)在空氣中加熱至 540°C ，它即能與氧化合，而成一種新物質，稱為過氧化鉬。若把這種新物質再加熱至 870°C ，氧又被驅逐而出。這與把汞加熱成氧化汞，把氧化汞加更強的熱又分解成氧與汞的事實相似。但是常常把溫度變化也很費錢，所以應用這方法製氧也不甚合算。因此這種發明並不怎樣重要。後來又有人發明以改變壓力替代改變溫度，也能發生同樣的結果，方法是這樣：先把一塊一塊的一氧化鉬放在蒸餾甌中，用火爐加熱。再把空氣用壓力壓入甌中，數分鐘後，一氧化鉬即與空氣中的氧化合而成過氧化鉬。隨後把在甌中已失去了一部分氧的空氣除去，使甌中的壓力減低。當壓力減低的時候，過氧化鉬中的氧便又分解出來；於是把氧引到甌外，壓入鋼筒中。至於一氧化鉬則可一次又一次的應用。

近幾年來，因為又發明了液態空氣分餾製氧的方法，上面所說的方法就少應用了。這新的方法在第七章中已講過。當液態空氣沸騰的時候，可調節溫度與壓力，使那沸點較高

的氮先蒸出，而剩下一種差不多純粹的氧。現在工業上所用的氧，大部分是用這方法製成的。

性 質

氧是無色，無臭，無味的氣體。較空氣稍重，一升的氧重 1.44 克（一升的空氣僅重 1.29 克）；它不能燃燒，但支持燃燒的能力，比空氣還強；它稍能溶於水，但在普通情形之下，溶解量不會超過百分之三的。雖然所溶解的氧是這樣少，但是魚類及其他水中生物，都依此維持它們的生命。

氧 化

氧最重要的化學性質，即是能夠和別種元素結合而成爲氧化物。氧化物是氧與別種元素化合而成的化合物。物質與氧化合，即稱爲氧化；反過來講，若把化合物中氧取出來，則稱爲還原。例如：汞熱到 350°C 的時候，即氧化而成氧化汞。氧化汞再加強熱，即還原成汞。

有時，氧化能在平常溫度下發生；例如把乾燥的磷放在空氣中，即發生一種白色的煙。這種白色的煙叫五氧化二磷，即是磷氧化所成的氧化物。但是普通卻都要將物質先行加熱，

才會氧化。各種物質在空氣中氧化的速度，不論加熱或不加熱，總比不上在純粹氧中進行得那樣快。磷能在空氣裏慢慢的氧化自燃，雖加些熱也祇不過燃燒得較快一些，但在氧中，則即能非常光亮的燃燒起來，而發生濃厚的五氧化二磷的白煙；鐵在空氣中僅能慢慢的生鏽，但是在氧中，假如它的形狀像細的絲那樣，就能很快的燃燒了。鎂在空氣中燃燒所生的燄雖已光亮，但在氧中的燄，更是光亮得耀目。

氧化物的分類

以上，磷鐵及鎂三種元素的氧化物，第一及第二兩種是能溶解於水的，而鐵的氧化物則不能溶解於水。若是拿一些石蕊試液 (Litmus solution 從地衣, Lichens, 浸出的染料)，加在這種氧化物中，或氧化物的水溶液中，則每種所得到的結果彼此不同。五氧化二磷的溶液能使石蕊試液變成鮮明的紅色，氧化鎂的溶液則能使它變成藍色，而氧化鐵的溶液則不能變化它的顏色。所以各種氧化物，依它們對於石蕊的作用，可分為三類：(1) 可以使石蕊變成紅色的氧化物，(2) 可使石蕊變成藍色的氧化物，(3) 和石蕊沒有作用的氧化物。再拿許多的氧化物照這方法試驗，將各類的氧化物互相比較，可

以知道，在第一類中的各氧化物，都是非金屬的氧化物，而第二第三兩類中的化合物，都是金屬的氧化物。非金屬氧化物的水溶液，都有一種酸的味道，所以稱謂酸類；金屬氧化物沒有酸味，稱謂鹽基性氧化物。鹽基性氧化物又可分為二類，一類能溶解於水，並能使石蕊變成藍色，稱為鹼類；還有一類稱為非鹼類。從前氧這字的意義是“酸的要素”，拉發西埃的稱這氣體為氧，也是以爲氧是一切酸類中的必要成分的緣故；但事實上並不如此，有幾種酸中，實在並不含有氧，所以這名詞並不能真正表示“酸的要素”。利用石蕊的特性鑑別酸及鹼的存在，是波義耳所發明的。

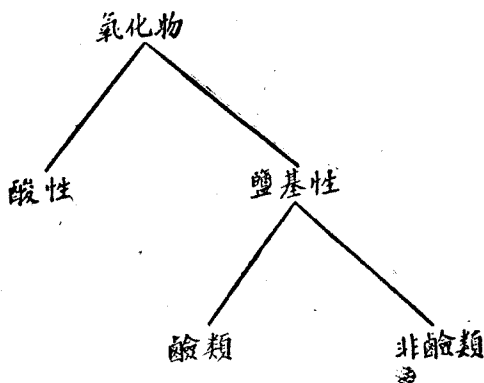


圖 8 氧化物的分類

第九章

空氣和它的成分

(3) 氮及稀有氣體

氮的性質

空氣中的氮，依容積講起來計占 78.03%。它主要的作用是使氧稀淡，因為單獨的氧，能使燃燒的速度過大。在普通情況下，氮是非常不活潑的一種氣體；這，可說即是氮的特性。最初發現氮的人，好像是一位愛丁堡的科學家，名叫拉忒福德博士 (Dr. Rutherford)。講到氮的名稱，也有很多變遷。卡文提什曾稱氮為含燃素空氣 (Phlogistiated air)，因為據他猜想，這是一種飽和着燃素的空氣。拉發西埃稱它為 Azote (意思是沒有生命)，因為他發現這種氣體是不能支持生命的。自從有人發現硝石中也含有這種氣體後，大家改稱它為 Nitrogen (氮)，意思是組成硝石的物質。

氮的製法

製造氮的方法普通有二種：第一種，是用些適當的物質（如磷），叫它在空氣中燃燒，除去空氣中的氧，而留下氮；但是這樣獲得的氮是不純粹的，理由怎樣，讀下去便可明白。至於第二種方法，即是把氮的化合物（如硝石）中的氮設法取出來。上面也已經講過，氮的性質真完全屬於“負”的方面的，它是不活潑的氣體，它沒有顏色，沒有香氣，也沒有味；它不會燃燒，也不會維持燃燒或生命。又因氧是比空氣重一些，所以它比空氣稍輕。

植物生長必需氮

商業上，製造幾種氮的化合物是一件非常重要的事。因為在植物的生命上，氮的地位非常重要。空氣中雖有無限量的氮存在着，但植物卻不能直接從這無限量的氮中取獲它所需要的氮，它所需要的，是一種和他物質化合着的氮。植物從它的根部，吸收溶解於雨水中的氮的化合物（普通是硝酸鹽），然後方可輸送到植物的各部分。所以製造氮的化合物也是一種重要的工業。

二氧化碳

空氣中的第三種成分是二氧化碳，普遍且錯誤的名稱即是碳酸氣。此種氣體在空氣中僅占 0.03%。在第十一章和十二章中要詳細討論，在此，不再詳述了。

大家都不注意的一些剩餘物

1785 年，卡文提什實驗空氣的成分，得到一個使他迷惑的結果：當他用適當的方法，把空氣中所有的氧、氮、和二氧化碳完全除去之後，他發現還有一些氣體剩留着。這啓示他空氣中除了他所除去的三種氣體外，必還有他種氣體存在着。但是卡文提什爲他的學識和方法所限，不能再有進一步的研究。

累利的精細試驗

此後又過了一百多年，關於卡文提什實驗所得的奇怪結果，仍舊沒有甚麼新的消息。直到 1892 年，方有一些新的發展。當時有一位倫敦皇家學院的自然哲學教授，名叫累利 (Lord Rayleigh)，他精細的測定各種普通空氣的密度，發現從空氣中分得的氮的密度和從氮的化合物中製得的氮的密度稍有些不同。從空氣中製得的氮，一升重量爲 1.25718 克，

而從化合物中製得的氮，一升的重為 1.25107 克，你看，他能算到五位小數，可見他實驗的精確了。二數之差是 0.00611 克，這真是微細的數目，算起來所差的祇有 0.5%，但是累利總覺得不應該差得這樣多。他懷疑這是實驗上的錯誤，所以他把全部實驗又重做了一次，此次，他從各種不同的化合物中製取氮，但是結果還是和以前完全相同，從空氣中取得的氮，總比從化合物中取得的氮重一些。最後，累利說，空氣中的氮，一定不是純粹的氮，一定有一種較重的氣體混合在其中。

拉姆塞的證實

又有一位化學家叫拉姆塞 (Sir William Ramsay)，他是倫敦大學學院的化學教授，有一次，他把鎂放在從空氣中製得的氮裏加熱，照理鎂應和全部氮化合，而成一種化合物叫氮化鎂，但是他實驗的結果，有一種剩下來的氣體始終不能和鎂化合，此種氣體較氮為重，一升計重 1.7815 克。

氫

於是，累利和拉姆塞再重做卡文提什所忘懷了的實驗，

他們比卡文提什更小心，所用的儀器也大大的改良了一下，但是獲得的結果和卡文提什所得的相同。那即是，把空氣中的氧氮和二氧化碳的全部除去之後，仍舊有一種氣體剩餘着。他們辛辛苦苦的收集了許多此種氣體，並且試驗它的性質，直到1894年，他們才申說他們已發現了一種新的氣體，稱爲Argon（我國譯爲氩），這是一個希臘字，意義是懶惰，因為這種氣體常不活潑。據他們說，此氣在空氣中僅有百分之一。

氩

在1868年的時候，已有人發現太陽之中有一種在地球上所沒有的元素。我們必定要問，太陽離我們九十多萬哩遠，怎樣知道其中有些甚麼元素呢？這可說近代科學的奇蹟之一，有一種儀器可使我們明白太陽或其他星球的成分，這儀器的名稱叫分光鏡（Spectroscope），但是在此不能詳細的討論它。應用這種儀器，我們可知道太陽周圍的大氣中，有一種未曾發現過的氣體，它的名稱是Helium，這也是一個希臘字，意義是太陽，中國譯爲氦。

其實空氣中也有這種氣體存在着，祇不過數量很少而已。第一次發現空氣中也有氦存在着的人，就是拉姆塞先生。他

說，空氣中有百分之一的氫，但是氫中還有氦混合存在着。近幾年來，因為有人發現像鐳那種金屬會繼續的放出氦的質點，又因以氦裝輕氣球或飛船，比用氫或煤氣優良，所以化學家對於氦更特別注意了。用氦裝輕氣球，真是最適宜不過的：因為氦雖較氫重二倍，但和空氣比較，還要輕七倍。並且它又不會像氫那樣會燃燒，所以裝在氣球或飛船中，不致有火燒的危險。

氖，氬，及氙

就是現在，我們還不敢斷定空氣中究有多少種氣體。上面已說過，空氣中除氧，氮，二氧化碳外，還有氫及氦存在着，但是不久拉姆塞等又做了許多非常精細的實驗，發現空氣中除了這些外至少還有三種氣體存在着，那些氣體的名稱，是氖 (Neon, 新的意思)，氬 (Krypton, 意思是隱匿) 及氙 (Xenon 意思是陌生人)。這三種氣體和氫及氦合併起來，在空氣中還不到百分之一，然而他們也能一種一種的發現出來，因此我們可知當時他們發現此種氣體的實驗是怎樣精細了，那一時代中對於實驗的方法的進步真是偉大。

空氣的成分

除了上述的許多氣體外，空氣中還有相當量的水汽存在着，因為空氣有水汽存在，所以氣壓計的高度常有變化。至於乾燥空氣的成分，請看下表：

氮	78.03%
氧	20.99%
二氧化碳	0.03%
氫	}0.95%
氦	
氖	
氬	
氮	

第十 章

氫 與 水

氫的發現

據我們所知道，第一位製造氫的人，是十六世紀初葉的巴拉塞爾士。他說，當鐵與混有水的酸作用，即可發生一種可以燃燒的氣體。這種奇怪的氣體居然會燃燒，真是使他非常奇怪，可惜他，除了注意它能燃燒外，不曾研究其他性質。到了十七世紀，波義耳把鐵片投入稀硫酸中，也曾製出氫，可是也不會加以研究，他並不認為有甚麼研究的價值，他以為這祇不過是發生人造空氣的一種方法罷了。

馬加用管嘴燃氫

真正研究這可燃氣體的第一人，名叫馬加(Pierre Joseph Macquer)，他是 1718 年在巴黎出世的。因為他的名字的特殊，人家說他原來是蘇格蘭人。他用鋅和稀硫酸作用而製取

氫，並使所發生的氫經過管嘴噴出來。當瓶中所有的空氣完全驅出之後，他在細管的管嘴上把噴出來的氫燃燒起來。讓我們把他自己對他的實驗的記錄抄在下面罷：

“我把一隻白磁盆子放在這可燃氣體的火燄上面，發現白磁盆和火燄接觸部分仍舊很潔白，可見這種氣體的火燄並沒有煙發生，但是有一些像水—像液體小點附着在磁盆上。”

不幸馬加沒有證明這種液體就是水，並且也不曾解釋這種液體是怎樣生成的。可是我們也得原諒他，在那時候，氧這

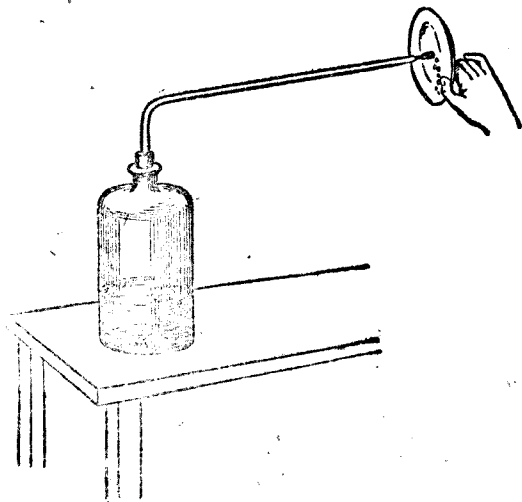


圖 9 馬加的試驗

氣體還不曾發現，對於燃燒這一件事的究竟，也不曾完全了解，拉發西埃的新燃燒學說，到了馬加死的時候才發明，所以馬加當時實在缺少解釋他的實驗結果的必需智識。但是他的猜想，卻是始終不錯的。

亨利·卡文提什

雖然在十六世紀的前半葉，巴拉塞爾士早已發現氫，但是它的性質，直到 1766 年才有人詳加研究。這時研究氫的人，是一位十八世紀的英國名人，名字叫亨利·卡文提什(Henry Cavendish)。卡文提什雖和普里斯特利是同時代的人，但是他們倆的特性卻大大不同。普里斯特利的境遇非常艱難，他要自己養活自己，而卡文提什卻是一個非常富有的富翁。普里斯特利好交際，很友善；而卡文提什卻很畏縮，非常不善交際，差不多像一個隱士。普里斯特利的研究化學，往往祇研究性質的方面，在他的實驗中，從來不注意物質的質量或容量等問題的。而卡文提什的實驗，卻全是量的實驗。但是他們也有相同的地方：他們對於科學都非常熱心。而他們的熱心都有相當的報酬。因為他們倆都有重大的發現，而使他們的名字在科學史上留芳百世。

亨利·卡文提什是查理·卡文提什伯爵的兒子。查理·卡文提什雖不是著名的科學家，但是他對於科學事實也很有興趣，這種天性遺傳給了他的兒子。所以亨利·卡文提什在年輕的時候，就決心把他一生供獻給科學了。畢竟，他以科學作為他終身的事業。至於他能終身研究科學，和他後來變成富翁也有很大的關係，後來他雖成為富翁，但他並不因此而改變他年輕時候的習慣。許多有趣的故事，是講到他的怪僻的。據說他的僕人是不准和他見面的，否則即會辭退；他不願和他們講話，每天想吃些甚麼菜，祇留一張字條在桌子上。可是你們別誤會他是一個勢利的人，其實因為他祇願意和自己的同伴談話，而不願會見其他的人的緣故。他的研究工作的特別地方，就是準確和詳細。他研究的範圍也很廣，雖然他的思想被錯誤的燃素說所束縛，但是他對於科學的進展，實在也有極大的功蹟。在此還可看到卡文提什及普利斯特利另一類同的地方，他們都執迷不悟的深信着燃素說，並且他們倆的研究工作，最後都是拉發西埃所完成的。

水是希臘人所謂的元素之一

卡文提什雖然第二次發現了氫，並且還詳細的研究它的

性質，但是這種工作，祇不過一種更重要的發現——即是水的成分——的初步研究罷了。古代的希臘人以爲水是一種“元素”，直到十八世紀，人家仍以爲它是一種不能再分爲他種物質的簡單物質。就是現在，那些不曾學過化學的人，祇看水的表面，也決不致相信水並不是一種最單簡的物質的。但是科學家艱難刻苦努力不懈的研究，他們發現了我們所意想不到的奇蹟，探討自然的秘密愈深入，所得的結果愈新奇。你們不要以爲祇有詩人才能獲得“木石的教訓”(Sermons in stones)，其實我們每一次化學實驗，即是對於自然的一次叩詢。而自然對於有些叩詢的回答，真令人驚奇。好像現在所要問的，水的成分是甚麼？自然對於這問題的回答，也是非常新奇，起初竟沒有人敢相信呢。

普里斯特利款待他的友好

卡文提什實驗氫，不僅發現這種氣體能燃燒，並且還發現氫與空氣混合燃燒的時候會發生爆炸。普里斯特利，他也研究卡文提什所製得的新“空氣”，並重做第二部分的實驗。對於氫和空氣的混合物會爆炸這一會事，非常感到興趣，所以他常常以此來戲弄他的友好。有一次，他款待他的友好，並

玩這有趣把戲，當時有一位客人，名叫約翰·華爾塔 (John Waltire) 發現那個盛氫及空氣的球的內部，起初是乾燥的，但是爆炸之後，內部就潮溼了。可惜普利斯特利以為這是偶然的現象，並不依他的啓示而研究下去。倘若他因此而加以研究，那麼發現水的成分的人，一定不是卡文提什而是普利斯特利了。

卡文提什依着這線索而研究

卡文提什比普利斯特利精細一些，他對於華爾塔所說氫爆炸後有水汽發生這一會事，並不認為沒有研究的價值。他仔細排了一組實驗，實驗各種不同比例的空氣和氫爆炸的情形，結果，他發現，當氫和比氫多二倍半的空氣混合爆炸之後，氫的全部與空氣的五分之一即凝成霧狀。若將若干容量的氫，與氫量的一半的氧混合爆炸，則爆炸之後，除了一些水汽外，一無所剩。其次他研究這種霧狀的物質究竟是甚麼，他將氫和空氣混合在一封閉的圓球中，在圓球中放一次電花，使其中的氣體爆炸起來，爆炸之後，再加些氫和空氣，並再爆炸一次，繼續一次又一次的做，他的目的，想獲得相當量的液體，以足夠實驗它的性質之用。據他的觀察，這種液體是無味無

臭的，蒸發之後，一無剩餘的物質；和水比較，實在一點也沒有不同的地方。所以他結論道，這即是純粹的水。

卡文提什的解釋法

現在，我們應知道卡文提什當時的思想究竟怎樣，換句話講，他究竟怎樣解釋他的結果。在他未做這個實驗之前，他以我們現在所說的氫（當時沒有這個名稱），差不多是一種純粹的燃素。這種燃素是因為稀硫酸或稀鹽酸與金屬作用之後從金屬中驅出來的。當他做了上述的實驗之後，他的思想變過了，他以爲這種氣體是燃素和水的化合物，當氫和空氣爆炸的時候，氫中的燃素即與空氣結合，而成爲含燃素空氣（氮），於是水剩留下來了。他並不想水是由“可燃空氣”及“無燃素空氣”化合而成的，他想這樣豈不是太簡單，並且豈不是和燃素沒有關係了嗎，一定不合理的。

拉發西埃的拯救

當卡文提什，普利斯特利及其他的人，都把許多新發現的事實，附會着燃素說的時候，拉發西埃聽到卡文提什的實驗，並重試了一次。他用那靈敏而富有理解力的思想，考察實

驗結果的意義，於是一些也不猶豫的認為水是氫和氧的一種化合物。他的證明不像卡文提什所做的一樣，他曾用合成法，那即是將氫氧兩種元素直接化合使成化合物——水；又用分析法，那即是將水分解使成氫與氧二種元素。第二種證明方法，即是將熱的水蒸汽通過燒紅的鐵絲，水被熱鐵分解，即放出氫，並生成氧化鐵。所生成的物質為甚麼知道是氧化鐵呢？那是將鐵在氧中燃燒使成氧化鐵，將這氧化鐵與試驗水所得的氧化鐵比較而證實的。他二種證明方法所得的結果完全相同，於是他決斷的說水是氫和氧的化合物。這種強有力的證明，你一定以為別人除了信服之外，決不會有其他的懷疑了。可是卡文提什和普里斯特利都不願拋棄他的燃素說，他們不

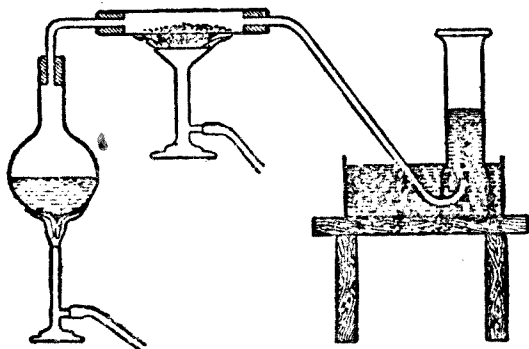


圖 10 將水蒸汽通過紅熱的鐵粉

肯改變他們一切工作所根據的信仰，他寧願不顧化學的真理。氧是普里斯特利發現的，但是到了拉發西埃手中，才利用它來打倒不合理的燃素說。卡文提什的實驗，也可以替燃素說鳴送葬之鐘了，但是他們二人都因大眾的猜疑和個性的固執，始終不肯拋棄他們的學說，直到他們死去的時候，還沒有把他們信仰轉變過來。

氫的製法及性質

要製造少量的氫，有許多方法，並且都非常簡易。例如鈉或鉀與水作用；將鎂在水蒸汽中燃燒，將水蒸汽通過燒紅的鐵屑（拉發西埃的實驗法）等等都可發生氫。但是最普通的方法，是把鋅與稀硫酸作用。氫的原名為 Hydrogen，意義是水的生成者，也是拉發西埃命定的。它是無色無臭的氣體，燃燒起來，成爲淺藍得差不多看不見的火焰。它雖能燃燒，但不能助燃。至以氫與空氣或氧的混合物加熱就會發生爆炸的原因是因爲化學作用之後，發生大量的熱，使氣體忽然膨脹的緣故。氫是最輕的物質，它的重量每升祇有 0.09 克，差不多祇有空氣密度的十四分之一。因爲它非常輕，所以可作裝充輕氣球之用。1783 年巴黎第一次上昇天空的氣球，即是用氫來裝

成的。後來有人發現煤氣也是很輕，它的重量雖然也有空氣重量的一半，但是也可作裝充氣球之用，並且價錢便宜得多。至於煤氣重量較輕的原因，也是因為其中含有 50% 的氫的緣故。

用煤氣將一鍋冷水加熱，鍋的底上往往有一滴一滴的水形成出來，這水是那裏來的呢？就是因為煤氣中含有氫的緣故。因為氫在空氣中燃燒，即和氧化合而成水蒸汽，水蒸汽遇到冷的鍋底，又凝成水滴而附着在鍋底；所以將鍋燒熱之後，蒸汽即不能仍成水滴而逃逸了。

氫在空氣中燃燒所成的火焰是非常熱的。假如用純粹的氧幫助氫的燃燒，則發生的火焰更熱。以純氧幫助氫燃燒所成的火焰，稱為氫氧焰，它的溫度是那樣高(2800°C)，鉑也可融化。石灰光，即是將石灰製成的圓筒放在氫氧焰上，或氧和煤氣混合燃燒所成的火焰上而發生的火光(煤氣中含有 50% 的氫)，溫度雖然很高，可是石灰仍不能融化，祇能成為白熱，而發生一種非常光亮的白光。

水是一種化合物

水既然含有氫氧二種氣體，當然不能稱為元素。那麼這

是一種混合物嗎？可又絕對不是，因為它的性質和它的成分的性質完全不同。況且氫和氧混合起來，有時並不會變成水，不像氮和氧混合起來總會成功空氣一樣。必須加熱至某溫度時，二種氣體才化合起來，發生熱，失去了原來的一切性質而變成一種和原來完全不同的新物質——水。所以水是一種化合物，可說是氫的氧化物，我們不能用任何物理方法把組成水的物質分析出來。並且，水中氫與氧的比例總是一定不變的，總是二份容積的氫，比一份容積的氧。或說，一份重量的氫，比八份重量的氧。

擴 散

氫比空氣輕得多，依我們想像起來，它在空氣中必能上昇而不會下沉，但是事實並不如此，它也能向下的擴散開去的，假如將盛有氫的瓶口向下放數分鐘，氣體也能向下的逃逸出來。氣體能互相混合，並不受它們的密度的影響，這一種性質，稱為擴散 (Diffusion)。

助 燃 和 自 燃

我們說氧不能自燃，但能助燃；氫能燃燒，但不能助燃。

一般的講法，這是不錯的。其實我們也可說氧在氫中燃燒。因為助燃和自燃這二個名詞，根本是相對的名詞，並不是絕對的。但是普通的應用，總照第一種的講法。

水的所獲

觀察一下世界地圖，即可明白地球表面上水的面積比陸地的大得多。地球上大約有七分之五是海洋，河流，湖等等，換句話講，有七分之五是水。除了這大量自由存在着的水外，還有許多和旁的物質結合着的水：植物中也含有多量的水；我們人的身體約含有70%的水；有些結晶體中，也含有水。

對於生命的重要

水像空氣一樣，與動物和植物生命的關係，非常重大。假如地球上忽然沒有了水，那麼數星期之內，一切的生命都沒有了。不僅在食物方面水是非常必要的一種物質，就是在清潔方面，也是不可缺少的。每天因清潔問題而用去的水量真是很多，當天旱的時候，不能不節省用水，我們是怎樣的不便，而熱望着大雨的落下來呀！

水是溶劑

水還有一種能夠溶解他種物質的能力。化學實驗室中有許多手續即是這種性質的應用。因為有些物質不能溶解於水，並且各種物質對於水的溶解度彼此不同，故可利用這種性質，而把各種物質分析開來。例如，將氯酸鉀及二氧化錳的混合物加熱製造氧後，如想把剩餘物中的氯化鉀和二氧化錳分出來，即可加些水在這混合物中，震搖一下，再過濾。因為氯化鉀能溶解於水，而二氧化錳不能，所以過濾的時候，氯化鉀的溶液透過了濾紙，而二氧化錳則留在紙上。再蒸發濾下來的溶液，即可獲得固體的氯化鉀。

食鹽是怎樣取得的

大家都知道海水的味道是鹹的，這是因為海水中有鹽及他種物質溶解着的緣故，祇要將海水蒸發，即可獲得其中的固體。商業上的鹽就這樣製取的：他們將海水壓入大的淺鍋中，使它慢慢的蒸發；或加熱沸煮而驅去所有的水份，並使食鹽結晶出來。有些地方有許多鹽岩，有時可像採取煤那樣的採取，也可以用旁的方法採取。普通在地面上鑽一孔，鑽到鹽

岩存在的地方，倒些水在洞中，等相當時候，使鹽溶解在水中。然後再將鹽水取出來，放在淺鍋中蒸發而得食鹽。

泉 水

有些泉水含有溶解着的礦物質，在醫藥上有相當的價值。這種泉水所在的鎮市，因為許多人都來找尋他們的康健，往往極易繁榮。有許多泉水是熱的。譬如在巴斯 (Bath) 地方的泉水，溫度總在 50°C 左右。在二十多年以前，羅馬人就利用它為洗浴之用，直到現在仍舊如此。泉水中有時含有十多種不同的物質，大部分都有治病的功效。

“阿爾加海斯特”(The Alkahest)

煉金術家還有一種妄想的嘗試，即是想找尋一種能夠溶解任何固體的溶劑。他們稱這種理想的液體為“阿爾加海斯特”(Alkahest)。假如真的能發現這種液體，那麼一定難於保存，因為它既能溶解一切物質，那麼盛液體的瓶子也必能被它溶解。但是那時的人並不因此而停止研究。實在這種“阿爾加海斯特”，正像哲人石和萬能藥一樣，祇是理想的生成物罷了。

第 十 一 章

約 瑟 · 布 拉 克

凡 · 黑爾蒙特發現一種新的氣體

在第九章中已經講過空氣中有一部分是二氧化碳。在此，我們將詳細的研究它一下。有一位化學家名叫凡 · 黑爾蒙特，這名字在前幾章中提及不止一次了。他是最初注意各種氣體的人，並且是 Gas 這字的首創者，在化學史中占有很重要的地位。在他之前，實驗家從不注意“氣體”，主要的原因，因為氣體是不能看得見的。凡 · 黑爾蒙特卻和一般的人不同，他最歡喜研究種種氣體的異同。他曾研究過的許多氣體中有一種即是二氧化碳，當時他稱它為木氣 (Gas sylvestre)，他說這種氣體是木炭在空氣中燃燒而發生的，它本來存在於木炭之中，當加熱的時候，它即發生了出來。他也曾將酸加於介殼上而製得此種氣體，並知道礦穴中或岩洞中都有此種氣體存在着。有許多礦水中，也有此種氣體溶解着。

被人忘懷了的發現

但是化學家對於凡·黑爾蒙特的研究不久即完全忘懷，直到十八世紀的時候，我們才聽到關於二氧化碳的第二聲消息。古時化學家的許多發現，往往都沒有繼起的研究者，氫，我們知道在十六世紀的初葉已被巴拉塞爾士所發現，但是到了二百五十幾年之後，才有一個人叫卡文提什再詳細研究它。虎克 (Hook) 和美奧 (Mayow) 早說空氣中祇有一部分能和燃燒發生關係，但是燃燒這問題又過了一百多年才完全解決。科學的進展，必需等候像布拉克和卡文提什那樣精細的實驗家，和拉發西埃那樣有正確的頭腦的人。

約瑟·布拉克

第二次發現二氧化碳的人，名叫約瑟·布拉克 (Joseph Black)，他是 1728 年在波爾多 (Bordeaux) 地方出世的。他的父母是蘇格蘭人，當他們遷回到蘇格蘭去的時候，約瑟即進格拉斯哥大學 (Glasgow University) 念書，那時他的年紀還祇有十六歲，在格拉斯哥他即現露他對於化學的興趣，後來曾替化學教授卡楞博士 (Dr. Cullen) 做助手。但是他終於

選擇醫學爲他將來的職業。當他在格拉斯哥學完了一切的課程之後，又到愛丁堡進著名的醫科大學念書，在愛丁堡讀書的時候，他曾和二位醫學教授討論醫用石灰水，究竟是將介殼加熱製得的爲佳呢，還是用普通的石灰石製取的爲佳這問題。這一次的討論，使他決定他應研究的事，並造成他在化學上偉大的成就。

布拉克對於石灰石的實驗

布拉克的研究工作，校正了許多當時流行的錯誤思想。其中的一件，即是燒石灰的事（將石灰石加熱），當時的人都以爲燒石灰的時候，石灰石一定獲取了許多燃素（有些人說是獲得熱或“火料”，Fire stuff）。布拉克也將石灰石加熱，並應用科學方法，在加熱的前後，都把石灰石稱過一下。他非常驚奇的發現，石灰石加熱之後，非但重量沒有增加，而且反減輕了些。於是他結論道：石灰石加

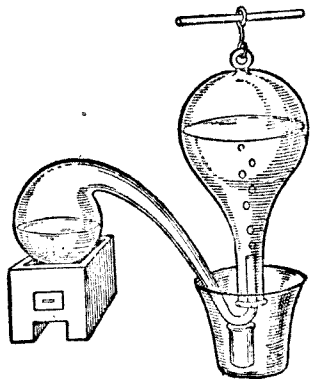


圖 11 斯提文黑爾斯所設計的收集氣體用器

熱之後，並沒有獲得甚麼物質，卻是失去了一些物質。後來他將酸加於石灰石上，發現有一種氣泡發生，但是將酸加於石灰石受熱後所成的石灰上，則並無此種作用發生。

那麼，酸加於石灰石上，爲甚麼會發生氣泡呢？石灰石加熱所失去的，究竟是甚麼呢？布拉克自己問自己。他用了許多實驗來解決這問題，在 1757 年，畢竟找到了答案：酸加於石灰石所發生的作用，是因爲有一種氣體發生的緣故，石灰石加熱後所失去的，也就是這種氣體。這氣即是現在所謂的二氧化碳，或稱碳酸氣。

布拉克放些石灰石在一蒸餾甌中，加些稀酸，並用一滿盛水的瓶收集那些發生出來的氣體。他所用的儀器，像圖 11 所示，看起來好像非常簡陋，但是斯提文·黑爾斯 (Stephen Hales) 化了數年的時間才設計成功呢(那是普里斯特利把它改成現在的形狀前數年的事)。布拉克以爲這樣發生出來的氣體原來是固定在石灰石之中的，所以他稱它爲固定空氣 (Fixed air)。到後來，拉發西埃又改稱它爲碳酸氣 (Carbonic acid gas)，直到現在，這名字還普通而錯誤的應用着。

進步的開路先鋒布拉克

布拉克雖然活到七十一歲纔死，但是他一切的研究工作，在三十四歲之前就結束了。三十四歲之後的時間，都是在愛丁堡大學講演費去。他除了在愛丁堡研究化學之外，在格拉斯哥的時候，曾發現比熱及潛熱。他為化學和物理開設了一扇大門，讓將來的人慢慢的探討它全部的園地。他是在1799年吃飯時死去的，沒有一些病痛，這樣平安的死去，他的僕人們還當他睡着了呢。

雖然布拉克的發現固定空氣，在普里斯特利，卡文提什及拉發西諸人的研究之後才被人記載下來，但是假如沒有布拉克，化學能否這樣迅速的進展，真是一個問題。普里斯特利對於這一方面的興趣，是因為在1770年前後，住在黎芝 (Leeds)地方一家酒廠的附近，我們知道製酒的時候，會發生碳酸氣的，所以普里斯特利能夠收集許多“固定空氣”，以滿足他實驗的需要。因而發明了將“固定空氣”加壓力使溶於水中所得的溶液能醫治壞血症 (Scurvy) 這一會事。(這種溶液現在叫做蘇打水，到處可以購得。) 卡文提什的和化學接觸，也是因為“固定空氣”的緣故，他曾採取布拉克所發現的氣

體，而以一向的澈底態度去研究它。拉發西埃也曾重做他的實驗，並使碳在氧中燃燒，而研究此種氣體的成分。又發現這種氣體溶解在水中所成的溶液，作用和酸相同。所以替這種氣體定了一個名稱，叫做碳酸氣。

這樣看來許許多多的研究工作，都是因為布拉克的發現而產生的，所以我們可以稱他為這一世紀科學進步的先鋒者。他時刻依賴着天平，他精細的做他的實驗，這種精神，給人家一個好的榜樣。若是他有健康的身子而能繼續的研究下去，那麼化學上的收穫必定更多。後來，雖然他自己沒有從事甚麼新的研究，但是他時刻留心歐洲各國的領袖化學家的研究工作。拉發西埃發表他對於燃燒的新學說的時候，布拉克是惟一立刻贊同的英國化學家。他並沒有固執的信仰着燃素說，而盲目的看不見拉發西埃對於此種事實的理論的真偽。

第十二章

二氧化碳

碳

碳是自然界中很多的一種元素，木炭，煤，和焦煤都是碳，植物及動物的主要成分也是碳。碳有三種形態，每種形態的性質，都彼此不同。所謂三種形態，即是金剛石，石墨，及木炭，表面看來，若說這美麗的寶石，是和煙煤相同的物質所組成的，簡直是笑話，然而那是真的。金剛石是古代科學家沈思默想的資料，但是它真正的性質，直到拉發西埃研究之後才發現。拉發西埃證明金剛石在空氣中燃燒後的生成物即是碳酸氣，而斷定金剛石中除了純粹的碳外，沒有旁的物質。此後，許多人嘗試着用人工方法製造金剛石，但是直到現在，仍祇能製出一些在商業上沒有多大價值的微細的寶石。

石墨是製造鉛筆的一種原料。它不像金剛石那樣純粹，其中含有百分之五的雜質。

煤，木炭，及焦煤等物質的主要成分當然是碳，但每種之中，都有他種物質存在着，所以燒過之後，有灰剩下。

碳的英文名字是 Carbon，這個名字，是拉發西埃命定的。因為他實驗的時候常常用到木炭，而木炭燃燒之後，常有相當量的灰剩下，他想稱呼炭中純粹的物質，但是又不能稱為 Charbon (木炭的法國字)，於是把它改寫作 Charbone，英文就寫作 Carbon。

二氧化碳的製法及性質

任何形態的碳在充分的空氣中燃燒，碳即與氧結合而成二氧化碳。實驗室中，常以稀酸使石灰石或大理石分解而製取此種氣體。它是無色無臭並且稍有甜味的氣體。在普通溫度及壓力下，一定容積的水中，能溶解等容積的二氧化碳，但壓力增加，則可溶解得更多，因此可以製造汽水；壓縮之後，還能變為液體和固體；可是不能燃燒，也不能助燃和供給動物的呼吸。這一點，正是和氮相同。但是石灰水對這二種氣體的作用不同，所以我們可以應用石灰水來區別氮和二氧化碳這二種氣體。二氧化碳在普通環境中雖然不能助燃，但是鎂這種金屬，卻能在二氧化碳中燃燒，而成鎂的氧化物，同時析

出純粹的碳質。

植物及動物的呼吸作用

二氧化碳是大氣的一種成分，普通約占 0.03 %。大氣中爲何有二氧化碳存在，那是很容易解釋的，我們知道一切含有碳的物質的燃燒，都發生二氧化碳，一切動物的呼吸也發生二氧化碳，那麼這一個問題，就明顯的解答了。至於空氣中二氧化碳的成分，爲何老是那麼多，一些也沒有變化，那才有些難於回答。真的，無論工廠中發生了多少的二氧化碳，某處火燒又發生了多少二氧化碳，每天動物的呼吸又產生了多少二氧化碳，可是空氣中的二氧化碳的百分數，老是這一點點，這其實因爲地球上的植物，在太陽光下能吸收二氧化碳，吸收之後，又能將它分解，並且採取了分解出來的碳而放出氧的緣故。這也是 1771 年普里斯特利所發現的。那時，他還沒有發現氧。他做實驗的時候，常發現燃燒着的蠟燭，放在空氣不流通的地方，即刻就會熄去這回事。而且蠟燭燃燒所剩下來的空氣，既不能助燃，又不能供給動物的呼吸，他把一隻小鼠放入剩餘的空氣中，發現小鼠立即死去，後來又做了許多別的實驗，但所得的結果愈使他驚奇。有一次他拿一支薄荷草

放在這盛有蠟燭燃燒後剩餘氣體的瓶中，這瓶是封閉的，十天之後，他發現蠟燭又能在這氣體中燃燒了。用旁的植物實驗，所得的結果也是相同，他真不知怎樣解釋這一件事才好。直到發現了氧，並且推論出燃燒需氧的學說之後，這種現象才解釋清楚，到了那時候，人們才知道蠟燭的燃燒必需用去空氣中的氧而生成二氧化碳。植物則能分解二氧化碳，採取了分解出來的碳，幫助它的生長，而將它所不需要的氧放出去。但在晚上或黑暗中，植物所發生的作用卻是相反，那時恰吸收氧而放出二氧化碳，因此，醫院病房中的花盆，晚間必需搬到室外。都市的公園，也不祇是為人們遊樂而設的，同時還有使空氣純潔的使命。

至於植物怎樣會發生此種作用，現在還沒有完全明白。但知綠色的植物才有此種作用，所以此種作用也許因為植物有這種稱為葉綠素 (Chlorophyll) 的綠色物質的緣故。氧和二氧化碳間數量的平衡，正是自然的單簡，和自然給養全地球的居民的奇異方法的良好例子。外國有句俗話：“你的食物即是他的毒藥。”我們把這句話改變一下，應用到植物的養育和動物的呼吸，可說：“植物的食物即是動物的毒藥。”二氧化碳雖非真正的毒藥，但是它沒有氧的性質，它雖不能使動物

毒死，但能使動物窒息。

煤礦中的二氧化碳

煤礦中常有二氧化碳存在，這是由煤的遲緩氧化而生成的。礦工們稱它為“窒息之氣”(Choke damp)。因為它的密度很大，所以常堆積在礦山的下部，廢棄的礦山中堆積得尤多。

穴洞及白堊礦中也有此種氣體

地球的裂縫及火山中也有這種氣體噴出來。產生白堊的區域，常可發現過路的人，死在白堊的坑上，這也是因為白堊能慢慢的發生二氧化碳，並因性重，所以堆積在礦坑的下部的緣故。在那不勒斯 (Naples) 附近有一個洞穴，稱為“狗洞”(Dog's Grotto)。因為洞中積有許多二氧化碳的緣故，狗兒走了進去就不能活命，但是人卻因頭部剛在積有氣體的部分之上，所以沒有危險。

第十三章

石灰石

石灰石，白堊，及大理石的生成

在化學方面講起來，石灰石，白堊，及大理石實在是完全相同的物質。許多地方都出產白堊，並且都很純粹。英國的南部也有許多白堊礦，礦層都很厚。白堊是古代魚類的介殼變成的，所以凡有白堊礦的地方，原來定是海洋的底部。石灰石與大理石的成因和白堊相同。它們的能變成現在那樣子，完全是因為熱及壓力的緣故。古代時候，地殼不像現在那樣固定。有些地方，當時是海底，過了幾千年之後，竟變為地面，後來再變動一下，又深深的藏在地下，許許多多物質的生成，都是因為地殼這樣變動的緣故。我們知道所謂煤，即很古時候的森林，因為地殼的變動，把森林壓在地下，經過很久的時日，即變成了現在的煤。白堊也是一樣，原來雖在海底，因為地殼的變化，變遷到地面或地下來，經過很久的時間，又因地球內

部的熱力，和上面壓着的岩石的壓力，漸漸的變成了石灰石。後來再經一次地殼的變遷，又形成大理石。石灰石與大理石常因與他種物質混合而生出種種的顏色，石灰石往往是黃色或棕色，而大理石，則有許多特別花紋，有時也非常美觀。

石灰石及大理石最初的應用

這種物質究竟在甚麼時候初次在建築上應用，真很難說。但一定的，必是很古很古的時候。有些國家，像印度，他們常用大理石建築廟宇，造得非常美麗結實。羅馬人當他們侵略英國的時候，就會採用石灰石以作燒石灰之用了。所以燒石灰這一件事的原理，雖然到了十八世紀才為布拉克所發現，但是這種方法的應用，在二千年之前就知道了。石灰的拉丁文稱為 Calx，從這一個字，可明白當時的煉金術家，必以為金屬加熱，與石灰石加熱所發生的結果完全相同。然而現在我們知道這二種作用全不相同的。第一種，是氧與金屬的化合，而第二種，卻是石灰石中放出二氧化碳。

商業上的製石灰法

將石灰石加熱，等到其中所有的二氧化碳都已驅出之後，

石灰(生石灰)就剩下了。大規模的燒石灰是在石灰窯中舉行的，將石灰石及煤混合的放於泥水匠用鐵製成的圓錐形的窯中，在底下燃起火來，火燄通到上部，使煤也燃燒並使石灰石白熱，二天之後，石灰及灰從底部取出來，同時新的石灰石及煤再從頂部加下去。

鈣的發現

很久很久，大家都以為石灰是一種元素，1789年，拉發西埃印發元素表的時候，石灰還是其中之一，因為沒有化學家能夠把它分解而成別的物質。直到1808年，得維先生 (Sir Humphry Davy) (即是得維燈的發明者)，把現在稱為氯化鈣的這種化合物融解，然後再電解而發現一種新的元素，鈣。這種新的金屬元素，在空氣中放置一下就會變黑暗色，將它放在氧中燃燒，所生成的氧化物(氧化鈣)，和石灰的性質完全相同。由此，他證實了石灰並不是一種元素，而是鈣與氧的化合物。這種化合物再與二氧化碳化合，即成碳酸鈣，即是白堊。所以一切的碳酸化合物中都是二種氧化物的化合物，其中一種即是二氧化碳。應用類似的方法，後來又發現了鈉鉀鎂等等的元素。

消石灰

加少些水在生石灰上，它就膨脹，碎裂而分成細微的乾燥粉末，同時發生出大量的熱，這種變化即稱為化學變化。變化所生的物質稱為消石灰，化學名稱爲氫氧化鈣。消石灰是建築用三和土中的一種主要原料。泥水匠常在建築物附近的場地上製造消石灰，因爲製造時發生許多熱，所以同時發生了許多水汽，像雲一樣的佈在天空。建築時就用三和土將石塊或磚瓦黏連起來，三和土中的水份逐漸蒸發，而剩下又乾又硬的石灰。再過一些時日，空氣中的二氧化碳又與石灰化合，而變成石灰石。於是三和土更堅硬了。

在此再講一件有趣的事。羅馬人當時燒石灰的目的，並不是爲建築房屋，而是爲了開取鐵礦。他們在地上鑽了一個洞穴，放些生石灰在洞中，再加些水；生石灰因與水作用而體積膨脹，那個洞範圍也因此擴大了。他們這樣重做了數次，結果即可達到礦的所在地方。

石灰水

消石灰稍能溶解於水，所成的溶液稱爲石灰水，前面已

經講過，可以鑑別二氧化碳的存在，這道理也很簡單，因為二氧化碳和石灰化合即成白堊，白堊是不能溶解於水的，故成爲細小的粉末浮懸在水中。無數的此種細粉即使液體成爲牛奶那樣子。

硬水與軟水

假如繼續不斷的通二氧化碳到石灰水中，石灰水中所發生的牛奶狀的物質又會消失。這因爲白堊雖不能溶解於純粹的水中，但能溶解於有二氧化碳存在着的水中的緣故。這種不足輕重的事實，卻產生了一種不可輕視的結果。雨水經過空氣落下來，空氣中的一部分二氧化碳即溶解其中。此種雨水落到有石灰石或白堊存在的地面上，因爲雨水中含有少量的二氧化碳，所以能夠溶解一小部分的白堊或石灰石。溶解了石灰石或白堊的水，即稱爲硬水，用肥皂在此種水中洗衣服，起初是不能得到良好的肥皂泡沫的，須費較多的肥皂，才能把衣服洗淨。

倘是水的“硬”，全因含有白堊的緣故，那麼將水煮沸即可使它變軟。因爲氣體在熱水中的溶解量一定較在冷水中的溶解量爲少，所以將水煮沸之後，水中的二氧化碳即被驅出，

而不能再把白堊拉住在水中，於是白堊結在盛水的器皿底上，而水則變軟水了。常常煮硬水的鍋子，它的底上常有一層白色堅硬的物質結着，這種物質，即是白堊。煮沸之後即可變成軟水的硬水，稱為暫硬水，還有一種硬水，因為有他種物質溶解着，煮沸也不能變軟，稱為永硬水。

鐘乳石及石筍

因為水中含有二氧化碳，即能溶解白堊，所以那種石灰石的岩洞中，常有鐘乳石及石筍的生成。雨水是常有二氧化碳溶解着的。當它落到地上再流到石灰石岩洞的上面的時候，它即溶解了一部分的石灰石，這種含有石灰石的水一滴一滴的流下到洞中，流的時候，一部分水蒸發了出去，一部分的二氧化碳揮發驅出，於是少量的白堊就在水滴落下的時候結在洞頂的壁上了。水滴一年又一年的流着，白堊就一年又一年的形成堆積起來，於是，像冰柱一樣的白堊石柱，掛在岩洞的頂上了。這即稱為鐘乳石。

有時岩洞的底上也有類似的生成物。因為水滴滴到底上，失去許多二氧化碳，故有更多白堊從溶液中結出來。這樣，像鐘乳石一樣的石柱，就在鐘乳石的下面的洞底上慢慢的生成

了。經過很久的時候之後，這二支石柱還可彼此連接起來呢。

復 習 問 題

空氣和它的成分

1. 如何證明鐵生銹的時候，必須用去空氣的一部分？
2. 說出一實驗，證明若沒有水存在，鐵是不能生銹的。
3. 將一光亮的鐵片，放入水流中，鐵即能生銹，即使鐵面全以水蓋住，亦能如此，其理安在？
4. 你怎樣證明空氣中至少含有二種不同的氣體？
5. 說出一實驗，表示磷燃燒的時候所用去的是空氣的幾分之幾。
6. 略述拉發西埃對於汞的實驗，並說明由此實驗所得的結論。
7. 略述普里斯特利發現氧的經過。他稱此氣為甚麼？何故？
8. 舍雷怎樣發現氧？他稱它為甚麼？
9. 鎂燃燒後所成的白色化合物，較原來的鎂為重，是甚麼道理？

10. 爲何鐵銹或五氧化二磷，不能作爲製氧的原料？如何製造大量的氧，不用氧化汞爲原料？
11. 說出實驗室中製氧所用的各種物質的名稱。設所有的氧全部驅出後，剩餘物是甚麼？
12. 如何從空氣中製取少量的氧？
13. 磷，鎂，硫，鐵，碳，鈉等物質在氧中燃燒後生成的物質各是甚麼？
14. 氧化物是甚麼？說出二個例子。
15. 用什麼方法區別酸性氧化物與鹽基性氧化物？試爲每類各舉一例。
16. 鹽基性氧化物還可分爲那二類？各舉一例。
17. 解釋氧化這名詞的意義。與這名詞相反的作用叫甚麼？舉例說明一下。
18. 怎樣把空氣中的氮取出來？這樣所得的氣體是不是純粹的？
19. 寫出乾燥空氣中各種成分的名稱，並說出大概的比較數量。
20. 空氣是混合物呢還是化合物？說出你的解答的理由。
21. 你怎樣證明空氣中必有二氧化碳存在着？

22. 將空氣和水震和，再加熱將氣體從水中驅出，並使收集於瓶中。你怎樣測定瓶中氣體的成分？瓶中氣體的大約成分怎樣？
23. 上一問題中，為甚麼由水中驅出的空氣的成分，與普通空氣的成分不同？
24. 氮與氬二種氣體，近來各有些甚麼應用？
25. 液態空氣蒸發的時候，發生一些甚麼現象？
26. 說一實驗，證明化合物的成分必一定不變。
27. 製造氧用的二氧化錳，怎樣才可把它重行收回？
28. 物質不滅的意義怎樣？述一實驗，表示這定律的真實。
29. 以磷一塊放於瓶中，把瓶口緊緊塞住。將瓶加熱，使磷燃燒，問燒後瓶塞拔去的前後，整個瓶的重量各有些甚麼變化？
30. 錫盒是甚麼東西做的？你怎樣知道？
31. 催化劑是甚麼？說出一種催化劑的名稱。
32. 你怎樣算出某一間房間中的氧的重量？
33. 假如把空氣中的全部氮忽然除去，結果怎樣？
34. 對照比較鐵的生鏽，磷的燃燒，火藥的爆炸。

水

35. 說出製造少量氫的各種方法。並詳述普通實驗室中最常用的方法。為何這一種方法最常用？
36. 描寫鈉與鉀二種金屬的形態及性質，並說出此種金屬與水接觸所發生的現象。
37. 當鈉投入水中，鈉即能熔化，問熔化所需的熱是從那兒來的？
38. 你怎樣從水蒸汽中製取氫？
39. 你怎樣證明水蒸汽中含有氧？
40. 為甚麼一塊燃燒着的鎂放至水蒸汽中，仍能繼續燃燒，但是燃着的蠟燭放入水蒸汽中，則立即熄滅？
41. 水是元素呢，化合物呢，還是混合物？說出你的解答的理由。
42. 有五個瓶，分別盛有氧，氮，二氧化碳，二氧化硫，及氫等氣體，但瓶外並無標籤，你怎樣把它們一一標明名稱？
43. 水中既含有九分之八重量的氧，為何它能滅火？
44. 鹽能消失於水中，鋅能消失於稀硫酸中。這二種現象類同否？說出你的理由。

45. 你怎樣取集並鑑別氫在空氣中燃燒所成的物質？
46. 說出證明水中各成分的容積比例的實驗。你怎樣求得它們重量的比例？
47. 甚麼是還原劑？說出一種還原劑的名稱。
48. 說出一實驗，證明氫比空氣輕。
49. 飛船中爲甚麼需要氫，近代用些甚麼氣體來替代氫？
50. 擴散的意義怎樣？說出一實驗，表示氣體的此種性質。
51. 化學中“分析”這名詞的意義怎樣？相反的方法是甚麼？試各述一例。
52. 將瓶中的氫燃燒之前，應有些甚麼準備？
53. 你怎樣從氫及氧的混合物中取得純粹的氫？
54. 拉發西埃將水蒸汽通過紅熱的鐵絲，這一實驗告訴他關於水的甚麼知識？
55. 鎂在水蒸汽中燃燒所發生的現象怎樣？原因怎樣？
56. 將電花通到等容積的氫與氧的混合物中，混合物容積的變化怎樣？
57. 將盛有冷水的鍋用煤氣加熱，鍋底有液體一滴滴的滴下，這種液體是甚麼？從那兒來的？
58. 蠟燭在空氣中燃燒的生成物是甚麼？從這一點，你可猜出

蠟燭的成分是甚麼？

59. 曾有蠟燭在內燃燒過的瓶中，必有甚麼存在着？
60. 怎樣證明上一問題的瓶中，並無純粹的氧存在着？
61. 以磷放在一瓶中燃燒，另以蠟燭放在另一瓶中燃燒，燃燒之後，你怎樣知道那一瓶是燒過磷的？
62. 比較蠟燭在瓶中燃燒及氫在瓶中燃燒的現象。
63. 解釋如何能從蠟燭中獲得少量的氫。

白 堊

64. 白堊，生石灰，消石灰的化學名稱各是甚麼？
65. 怎樣證明白堊加熱後所發生的氣體，與鹽酸和白堊作用所發生的氣體相同？
66. 白堊，石灰石，及大理石三物質，那一點是相同的，那一點是不相同的？
67. 白堊受熱分解而成的物質是甚麼？
68. 生石灰是那些元素組成的？你怎樣證明其中含有此種元素？
69. 用分析的證明法及合成的證明法證明二氧化碳是由碳及氧所組成的。

70. 約瑟·布拉克稱二氧化碳為固定空氣。你能說出這名稱的理由嗎？
71. 你怎樣區別白堊及生石灰這二種白色粉末？
72. 商業上製造生石灰的方法怎樣？
73. 消石灰是怎樣製造的？你怎樣知道製造時所用的水不祇是與生石灰混合而已？
74. 爲甚麼新房屋的牆壁，常要潮溼相當時間？
75. 石灰水是甚麼？二氧化碳通至石灰水中，發生牛奶狀的物質，是甚麼緣故？
76. 有石灰石的區域的水，是因爲何種物質而變爲硬水的？
77. 煮硬水後的鍋中，常有白色物質出現，這種物質是甚麼？怎樣證明？又這種物質是從那裏來的？
78. 說出鈣對於水的作用。
79. 石灰石燒後，即成生石灰。此種變化與煤的燃燒相同否？說出你的解答的理由。
80. 消石灰是生石灰和水的化合物，那麼爲甚麼將消石灰加熱至 100°C 以上，還不能將其中的水蒸出？

一 般 的 問 題

81. 說出下列各物質在氧中燃燒所成的物質的名稱 (a) 磷; (b) 蠟燭; (c) 鈣; (d) 氫; (e) 碳。
82. 下列各化合物, 那幾種是氧化物? 水, 空氣, 白堊, 生石灰, 二氧化錳, 氯酸鉀, 鐵銹, 消石灰, 三仙丹。
83. 將下列各物質, 分類成元素, 化合物, 及混合物: 鐵, 鐵銹, 炸藥, 鹽水, 鈣, 空氣, 水, 生石灰, 白堊, 二氧化碳, 汞, 磷, 鈉, 氯酸鉀, 氧, 石灰水, 氫, 石灰石, 三仙丹, 二氧化錳, 鋅, 消石灰。
84. 下列各變化, 那種為化學變化, 那種為物理變化, 須說出理由: (a) 水的凝固; (b) 鐵的生銹; (c) 蠟燭的燃燒; (d) 糖溶於茶中; (e) 磷的燃燒; (f) 生石灰變成消石灰; (g) 水的電解; (h) 水管結冰時的炸裂。
85. 動物的呼吸, 與蠟燭的燃燒, 那一點是類同的?
86. 鎂在 (a) 空氣中, (b) 在水蒸汽中, (c) 二氧化碳中燃燒, 所發生的結果各怎樣?
87. 試舉一應用天平解答化學問題的例子。
88. 人將氧吸入, 即能使體溫增高, 道理怎樣?

-
89. 丁文江先生，是因怎樣而死的？
90. 動物與人的呼吸，都能發生二氧化碳，普通燃燒，也能發生二氧化碳。那麼爲甚麼二氧化碳在空氣中的成分，又永遠不變？

計 算 練 習

空氣和它的成分

1. 有一瓶，容量為 250 cc.，盛滿空氣時，重為 102.512 克，盛滿氧時，重為 102.549 克。如空氣一升重為 1.29 克，則氧一升重多少克？
2. 如上述問題中的瓶，盛滿氮時重 102.504 克，試求出氮的密度。
3. 應用上兩問題的結果，並以空氣作為標準，計算氧與氮的比重。
4. 有一間房間，大小為 25 呎 × 20 呎 × 10 呎，其中氧的容積應有若干？假如氧的比重為 0.00144 (以水為標準)，而一立方呎的水重為 1000 噸，則房中氧的重量當為若干？
5. 稍溼的鐵屑五克，盛於容量為 130 cc. 的大燒瓶中，再用塞緊緊塞住。數天之後，瓶中即含有些甚麼物質？瓶中剩餘氣體的重量為若干？若將瓶口放在水中，並將瓶塞拔去，

- 則有若干量的水走入瓶中？(氧一升重 1.44 克，氮一升重 1.26 克。)
6. 若拉發西埃實驗汞時所用的空氣的總容積為五升，則實驗終了之後，瓶中汞的重量，應增加多少？
 7. 氯酸鉀 2.28 克，加熱至並無氧發生後，剩下的氯化鉀重 1.39 克，計算氯酸鉀中氧的百分數。
 8. 氯酸鉀 10 克，與二氧化錳混合加熱，至所有的氧全已發出後，剩餘的物質是甚麼？每種的重量各為多少？(氯酸鉀中含有 39.2% 的氧。)
 9. 氯酸鉀 8 克與二氧化錳 2 克混合加熱，所發生的氧的重量共計若干？此量的氧，在標準狀態時容積若干？
 10. 要多少的氯酸鉀，才能發生標準狀態時的氧五升？
 11. 將三仙丹 4.25 克加熱，至全部分解後，剩下的汞的重量為 3.94 克，計算氧化汞中氧的百分數。
 12. 要多少重量的氧化汞，方可發生氧五升？(氧化汞中含有 7.4% 氧。)
 13. 已知氮一升重為 1.26 克，氧一升重為 1.44 克，那麼空氣一升重多少呢？
 14. 將空氣 10 升，慢慢通過盛有紅熱的銅的玻管，這樣發生

出來的氣體是甚麼？此氣體的容積怎樣？重量怎樣？剩在管中的物質是甚麼？

水

15. 將氫 18 cc 通入氣體燃化器中，再將氧通入，使總共容積為 30 cc。將此混合物爆炸，剩餘的氧共有 3 cc，計算水的容量成分。
16. 氫 250 cc. 和氧 100 cc. 的混合物在氣體燃化器中爆炸後，剩在器中的氣體是甚麼？這氣的容積怎樣？所成的水的重量共有多少？
17. 氫 200 cc. 與空氣 150 cc. 在測氣管中爆炸，問剩餘的氣體是甚麼？它的容積共有多少，所成的水的重量共有多少？
18. 空氣 300 cc. 與氫 100 cc. 爆炸所成的水的重量共有多少？剩餘的氣體是甚麼？它的容積共有多少？
19. 有一燒瓶，容量為 500 cc.，盛滿空氣時，重量為 162.862 克，盛滿氫時重量為 162.261 克。如一升的空氣的重量為 1.293 克，那麼氫的密度怎樣？
20. 氫的密度，是每升重 0.09 克，氧的密度，是每升重 1.44 克，氮的密度，是每升重 1.26 克，空氣的密度是每升 1.29 克，

以氫爲標準，計算上述各氣體的比重。

21. 用上題的結果，計算水的重量成分。
22. 在 4°C 時，45 cc. 的氧的重量共多少？
23. 水 5.4 克，是將氫燃燒，並使它與冷的物體接觸而獲得的。
假設所有的水蒸汽，全部凝結，則製成這麼多的水所需的氫及氧各爲多少？
24. 分解水 9 克，能獲得多少氧及氫？
25. 如 12 克的鎂與 8 克的氧結合而成氧化鎂，則 0.3 克的鎂放於水蒸汽中加熱，應放出若干重量的氫？
26. 若鈉 23 克放於水中，可放出氫 1 克，擬製 100 cc 的氫應需若干克的鈉？
27. 以水電解製得氫 50 cc.，問被電解的水共重若干？
28. 鋅 32.5 克與硫酸作用，發生氫一克，則製取氫 10 升共需鋅若干克？

白 堊

29. 將白堊 0.5 克強熱，所發生的二氧化碳共重若干？
30. 石灰石 5 噸，能得生石灰若干？
31. 若要將生石灰 2.5 克完全變成白堊，則需二氧化碳若干

克？

32. 白堊 2 克與稀鹽酸作用，能發生若干克的二氧化碳？若二氧化碳的密度為每升 1.98 克，則此容積的二氧化碳計重若干？
33. 若欲製出二氧化碳 1 升，則需多少白堊？
34. 將二氧化碳通入含有消石灰 1.85 克的石灰水中，可生成多少克的白堊？
35. 將二氧化碳通入含有消石灰 1½% 的石灰水 50 克中，可生成多少克的白堊？
36. 100 克的白堊，能發生多少 18°C 及 72 釐米壓力下的二氧化碳？
37. 以鈣 2.8 克，能製得若干生石灰？若干消石灰？若干白堊？
38. 若鎂 12 克與氧 8 克化合而成氧化鎂，那麼將鎂 0.3 克在二氧化碳中燃燒，能發生多少碳？（12 克的碳與 32 克的氧化合而成二氧化碳。）

計算練習答案

1. 1.438 克
2. 1.258 克 (每升)
3. 氧 1.11
氮 0.98
4. 1000 立方呎
90 磅
5. 鐵銹及氮
0.13 克
0.037 克
26 cc.
6. 1.44 克
7. 39.04 克
8. 氯化鉀 6.08 克
二氧化錳 3 克
9. 3.136 克
10. 18.37 克
2.18 升
11. 7.29 克
12. 97.3 克
13. 1.296 克
14. 氮
8 升
10. 08 克
氯化銅
15. $H : O = 2 : 1$
16. 氫 50 cc.
0.162 克
17. 氮 120 cc.
氮 140 cc.
0.0486 克
18. 0.081 克
氮 240 cc.
氧 10 cc.
19. 每升重 0.091 克
20. 氮.....1
氧.....16
氮.....14
空氣.....14.33
21. $H : O = 1 : 8$
22. 40 克
23. 氫 6.67 升
氧 3.33 升
24. 氫 11.11 升
氧 5.56 升

- | | |
|--------------|-------------|
| 25. 0.025 克 | 33. 4.5 克 |
| 26. 0.207 克 | 34. 2.5 克 |
| 27. 0.0405 克 | 35. 0.84 克 |
| 28. 29.25 克 | 36. 25 升 |
| 29. 0.22 克 | 37. 3.92 克 |
| 30. 2.8 噸 | 5.18 克 |
| 31. 1.96 克 | 7 克 |
| 32. 0.88 克 | 38. 0.075 克 |
| 0.44 升 | |

